

Sommaire

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES ABREVIATIONS	5
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE	9
I. Introduction	10
II. Secteur d'automobile au Maroc.....	10
III. Généralités et historique	10
1. Evènement de la SMFM	11
2. Fiche Technique.....	12
3. Organisation technique de la FM	12
4. Organigramme FM.....	14
IV. Conclusion.....	14
Chapitre 2 : Processus de Fabrication au sein de l'entreprise FM.	15
I. Introduction	16
II. Disque frein et son fonctionnement.....	16
1. définition d'un disque frein.....	16
2. Différence entre un disque ventilé et un disque plein.....	16
III. La chaîne de production des disques ventilés.....	17
IV. Processus d'usinage.....	18
1. Les opérations	18
2. Choix de machine	19
3. Choix d'outils.....	20
4. Choix de plaquette	21
5. Temps du cycle	21
V. Conclusion.....	22
Chapitre 3 : Problématique et conception mécanique de la machine.....	23
I. Introduction	24
II. Cahier de charge fonctionnel.....	24
1. La problématique	24
2. La solution	24
3. Situation cible	25
III. Etude des plaquettes thermoformées	26
IV. Analyse fonctionnelle.....	26

1. La bête à cornes.....	26
2. Diagramme Pieuvre	27
3. Diagramme de FAST	28
1) Les deux types de fonctions.....	28
(a) Fonctions de service	28
(b) Fonctions techniques.....	29
2) Schématisation.....	29
V. Etude technique et économique.....	30
VI. Présentation de la machine	34
1. Description du fonctionnement de la machine.....	34
2. Les composants de la machine.....	35
3. Dessin d'ensemble	37
VII. Conclusion.....	37
Chapitre 4 : Etude statique calcul mécanique du système.....	38
I. Introduction	39
1. Etude de la pompe centrifuge	39
1) Calcul de La puissance de la pompe de lavage.....	40
2) Calcul de la puissance de la pompe de rinçage.....	42
2. Etude de Convoyeur - Motoréducteur:.....	44
1) Calcul de la vitesse de convoyeur.....	44
2) Calcul de la puissance de réducteur.....	45
3) Calcul de la puissance de moteur	45
3. Calcul RDM.....	45
1) Calcul des efforts tranchants et les moments fléchissants	47
2) Diagrammes des efforts tranchants et moments fléchissants	48
3) Equation de la pente et de la flèche	49
4) Calcul de contrainte maximale de tension et de compression	50
(a) Calcul de centroïde.....	51
(b) Calcul du moment quadratique	51
4. Gain.....	52
II. Conclusion.....	52
CONCLUSION	53
WEBLIOGRAPHIE	54
Annexe	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Secteur d'automobile au Maroc	10
Figure 2: Composants d'un disque	16
Figure 3: Disque ventilé sous Catia V5	16
Figure 4: Disque plein sous Catia V5	16
Figure 5: dissipation de chaleur sur un disque ventilé.....	17
Figure 6: chaîne de production de FM sous autocad	18
Figure 7: Composants Machine Tour CNC	20
Figure 8: Composants Outil Plaquette	21
Figure 9: Types de matière à usiner.....	21
Figure 10: Les nuances de plaquettes selon SANDVIK.....	21
Figure 11: fonctionnement en charge d'une pompe centrifuge.....	40
Figure 12: la contrainte normale sous RDM 6.....	46
Figure 13: diagramme de la flèche sous RDM6	49
Figure 14: diagramme de la pente sous RDM6	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: quantité des disques fabriqués par an	12
Tableau 2: temps effectué durant l'Op 20	22
Tableau 3: pertes de charge selon le DN de tuyau.....	55
Tableau 4: pertes de charge coude vanne clapet.....	55

LISTE DES ABREVIATIONS

- FM** : floquet monopole
- P** : pression (bar)
- T** : Couple de Torsion en (Nm)
- r** : rayon de rouleau en (mm)
- J** : Second moment polaire de section(m⁴)
- P** : puissance (W)
- Pc** : perte de charge (m)
- Hmt** : hauteur manométrique (m)
- Qv** : débit (m³/h)
- ρ** : densité de l'eau (1000Kg/m³)
- V** : vitesse (m/s)
- d** : diamètre interne de tuyau (mm)
- Re** : Limite d'élasticité en Pa
- FS** : Coefficient de sécurité
- I** : moment quadratique (mm)
- Iz** : second moment (m⁴)
- σ_c** : contrainte de compression (Pa)
- σ_t** : contrainte de tension (Pa)
- E** : module d'young (Pa)
- V(x)** : la flèche (m)
- $\varphi(x)$** : la pente (°)
- v(x)** : effort tranchant (N)
- M(x)** : moment fléchissant (N.m)
- CNC** : commande numérique par calculateur

Dédicace

A nos chers parents aucune dédicace ne saurait exprimer nos sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de notre profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

Nos chers frères, pour leur grand amour et soutien qu'ils trouvent ici l'expression de notre haute gratitude.

*Nos très chers amis
qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour, et à toute nos familles.*

REMERCIEMENT

Avant d'entamer la rédaction de ce rapport, il nous est agréable de présenter une dette de reconnaissance à toutes les personnes qui, par leur intervention ont favorisé l'aboutissement de ce projet de fin d'étude.

Nous tenons à remercier infiniment Madame **IMANE MOUTAOUAKKIL** notre encadrante à la faculté des sciences et techniques pour tous ses efforts , ses conseils précieux et son soutien pour réussir un tel sujet et de nous avoir guidé tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à **M.HASSAN RACHAD**, chef de production au sein du Floquet Monopole et son équipe de travail, pour leur disponibilité, pour l'intérêt et l'effort qu'ils ont déployé afin de nous soutenir durant notre période de stage.

Nous aimerons exprimer notre reconnaissance à l'ensemble du personnel au Floquet monopole et plus particulièrement à l'équipe de la chaîne de production qui nous a reçue chaleureusement et qui nous a aidé à comprendre plein de choses dans le processus de production des disques freins.

Enfin nous tenons aussi à exprimer toute notre gratitude et nos remerciements aux membres du jury **Mr.MAJDOUBI** qui ont bien voulu nous honorer de leur présence.

INTRODUCTION GENERALE

L'industrie automobile marocaine a enregistré une croissance remarquable au cours des dix dernières années. Une progression fulgurante qui n'est pas prête à s'arrêter, puisque le Maroc est en train de se hisser parmi les plus grands constructeurs d'automobiles du monde. Les regards des investisseurs se tournent vers le royaume, plateforme idéalement située pour inonder les marchés africains et européens.

Dans ce cadre, la société marocaine des fonderies du nord nous a proposé un sujet qui nous a permis d'entrevoir en quoi consiste la profession d'ingénieur dans les services « bureau d'études », « bureau de méthode » ainsi que le service « production ».

Ce stage, qui a duré 2 mois, a porté essentiellement sur la recherche d'un système de lavage et séchage des plaquettes thermoformées qui pourra être adapté au sein de Floquet Monopole tout en respectant un critère très important qui est la cadence. Notre projet se constituera de quatre chapitres.

Le premier chapitre est réservé à la présentation générale de l'entreprise et ses services, le deuxième chapitre à la description du disque frein comme projet principal de l'entreprise et son processus de fabrication, il nous reste de présenter la problématique sur lequel portera notre projet. On a consacré le troisième chapitre à l'étude et la conception de la machine de lavage et séchage des plaquettes thermoformées, le cahier de charge fonctionnel , l'étude technique et économique, une présentation de de la machine sous catia v5. On arrive au dernier chapitre dans lequel on applique le calcul mécanique aux différents éléments de la machine .

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE

I. Introduction

Ce chapitre a pour vocation de définir l'environnement du travail auquel nous avons été confrontés, on va présenter brièvement le secteur automobile du Maroc et une présentation générale de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE.

II. Secteur d'automobile au Maroc

Considéré parmi les secteurs stratégiques de l'économie marocaine, l'industrie automobile dans notre pays est amenée à se développer de manière croissante notamment après l'installation de l'usine de Renault à Tanger.

En effet, le marché marocain offre des perspectives de développement soutenu: le parc automobile de notre pays est en mutation et les ventes des véhicules neufs ne cessent de croître depuis quelques années, grâce à une demande soutenue en particulier des classes moyennes.



Figure 1: Secteur d'automobile au Maroc

Les professionnels de l'automobile estiment que la croissance des ventes de voitures neuves dans le Royaume ainsi que le renouvellement de son parc se font grâce aux premiers projets de véhicules dits économiques qui ont vu le jour il y a une dizaine d'années. Ce sont ces véhicules assez abordables, montés à la SOMACA, société créée dès le lendemain de l'indépendance du Maroc en 1959.

III. Généralités et historique

A la création de la SOCIETE MAROCAINE DES FONDERIES DU NORD en 1981, les responsables ont proposé à FLOQUET MONOPOLE d'assurer l'assistance technique. Le contrat avec FLOQUET MONOPOLE a été signé en 1982.

Floquet monopole crée une nouvelle chaîne de production concernant la fabrication des disques freins. Elle reçoit les disques bruts de l'Espagne et fait l'usinage à Floquet

monopole. FM est une société française qui fait partie du groupe Dana Américaine qui a été évaluée et jugée conforme aux exigences de la norme ISO 9001 version 2000 et la norme ISO TS/16949.

Floquet Monopole (FM), filiale de la SMFN est une société de fabrication par moulage de pistons en alliage d'aluminium.

La SMFN est une société anonyme dont le capital est de 33.500.000 DHS et dont le chiffre d'affaires est de plus de 80 millions de dirhams par an. La société Marocaine de Fonderie du Nord a une production qui varie en fonction des années et pour l'année 2003-2004 a atteint le maximum de sa production de plus de 500.000 pistons. La SMFN dispose de trois filières de fabrication, à savoir la filière de fabrication d'axes, la filière de fabrication des chemises et la filière de fabrication de pistons, et de plusieurs partenaires européens notamment en France (PEUGEOT.....), aux pays du Maghreb, en Afrique Subsaharienne et à travers le monde, ce qui la pousse à suivre l'évolution de la technologie en améliorant ses moyens de fabrication, de contrôle et d'exportation.

1. Evènement de la SMFM

1982 : signature du contrat avec FLOQUET MONOPOLE France de la part de M.LARAQUI.

1991 : Signature du premier contrat en OEM avec PSA PEUGEOT CITROEN.

2003 : Signature du contrat avec PST pour la fourniture de chemise de moteur.

2005 : La fabrication d'autre modèle de chemise, et la livrer directement à la française de la mécanique, à Lille, pour alimenter les chaînes de montage

2013 : La création l'ESI2A, l'Ecole supérieure d'Ingénieurs Automobile et Aéronautique.

2015 : Le 23 novembre 2015, la nomination par Renault Nissan comme fournisseur rang 1 pour la fabrication des pièces de châssis en OE ainsi que pour l'après-vente.

- septembre 2015, le mémorandum pour créer la co-entreprise en fonderie aluminium sous pression.
- Commencer la production des disques freins.

2016 : La signature du contrat de concession Renault à FES.

2019 : Les développements avec Renault en tambours, la sous-traitance pour Peugeot Kenitra, et bien sûr, la mise en production des pièces en aluminium en fonderie sous pression, l'implantation d'une ligne d'assemblage des étriers de frein en collaboration avec un groupe marocain, pour PSA Kenitra et la concession à monter en puissance ![1]

2. Fiche Technique

Dénomination	Société Marocaine des Fonderies du Nord (SMFN)																						
Forme juridique :	Société Anonyme (SA)																						
Licence :	Floquet Monopole																						
Siège social :	Quartier Industriel Sidi Brahim, Lot 59, Rue 812 Fès-MAROC																						
Certification :	ISO 9001 V 2000, ISO TS 16949																						
Capital social :	33.5 Millions de DHS																						
Date de création :	1981																						
Objet social :	Fabrication par moulage, usinage et vente des axes en acier, des chemises en fonte grise et des pistons en alliage d'aluminium																						
Tél :	0535 64 28 69																						
Surface :	11600 m ² dont 6000 m ² couverts																						
Effectif du personnel employé :	55, dont 10 cadres supérieurs et techniciens																						
Production :	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Disque frein</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>TOTALE Caisses</th> <th>TOTALE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DV</td> <td>4caisses</td> <td>2483 caisses</td> <td>676 caisses</td> <td>3163 caisses</td> <td>569340+</td> </tr> <tr> <td>DP</td> <td>1caisses</td> <td>438 caisses</td> <td>139 caisses</td> <td>578 caisses</td> <td>104040+</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tableau 1:quantité des disques fabriqués par an</p>					Disque frein	2016	2017	2018	TOTALE Caisses	TOTALE	DV	4caisses	2483 caisses	676 caisses	3163 caisses	569340+	DP	1caisses	438 caisses	139 caisses	578 caisses	104040+
Disque frein	2016	2017	2018	TOTALE Caisses	TOTALE																		
DV	4caisses	2483 caisses	676 caisses	3163 caisses	569340+																		
DP	1caisses	438 caisses	139 caisses	578 caisses	104040+																		

3. Organisation technique de la FM

Elle est constituée de plusieurs services qui assurent le bon déroulement des procédés de fabrication et de contrôle, parmi ses services on trouve :

Le bureau d'étude et développement :

Il sert à étudier un mécanisme, à concevoir le fonctionnement, choisir les matériaux constitutifs, préciser les formes, les dimensions et l'agencement en vue de la fabrication.

Cette étude se concrétise par l'exécution des dessins accompagnés de spécifications précises ne laissant place à aucune ambiguïté.

Bureau de méthode :

Il consiste à étudier et à préparer la fabrication, donc à prévoir, préparer, lancer puis superviser le processus d'usinage permettant de réaliser des pièces conformes au cahier des programmes de production donné, dans un contexte technique, humain et financier déterminé.

Service métrologie :

Ce service a pour rôle de contrôler, l'action de mesurer, d'examiner, d'essayer, de passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou d'un service et de les comparer aux exigences spécifiées en vue d'établir leurs conformités.

A chaque stade de fabrication, des contrôles rigoureux de qualité et de conformité sont effectués sur chaque pièce. Ces contrôles sont réalisés à l'aide des moyens et matériels de contrôle très sophistiqués et performants.

Service maintenance :

C'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou d'assurer un service déterminé .

Il comporte une maintenance préventive qui est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire les problèmes techniques éventuels, et une maintenance corrective qui est effectuée après défaillance, ainsi qu'une maintenance systématique qui a pour fonction de remédier sur-le-champ.

Service production :

C'est un service qui s'occupe de positionnement réel dans le temps des dates de début et de la fin des opérations afin de tenir les détails de fabrication. Ces états sont utilisés lors du lancement.

Service ressource humaines :

Il occupe une grande importance au sein de la SMFM. Il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine.

Service qualité :

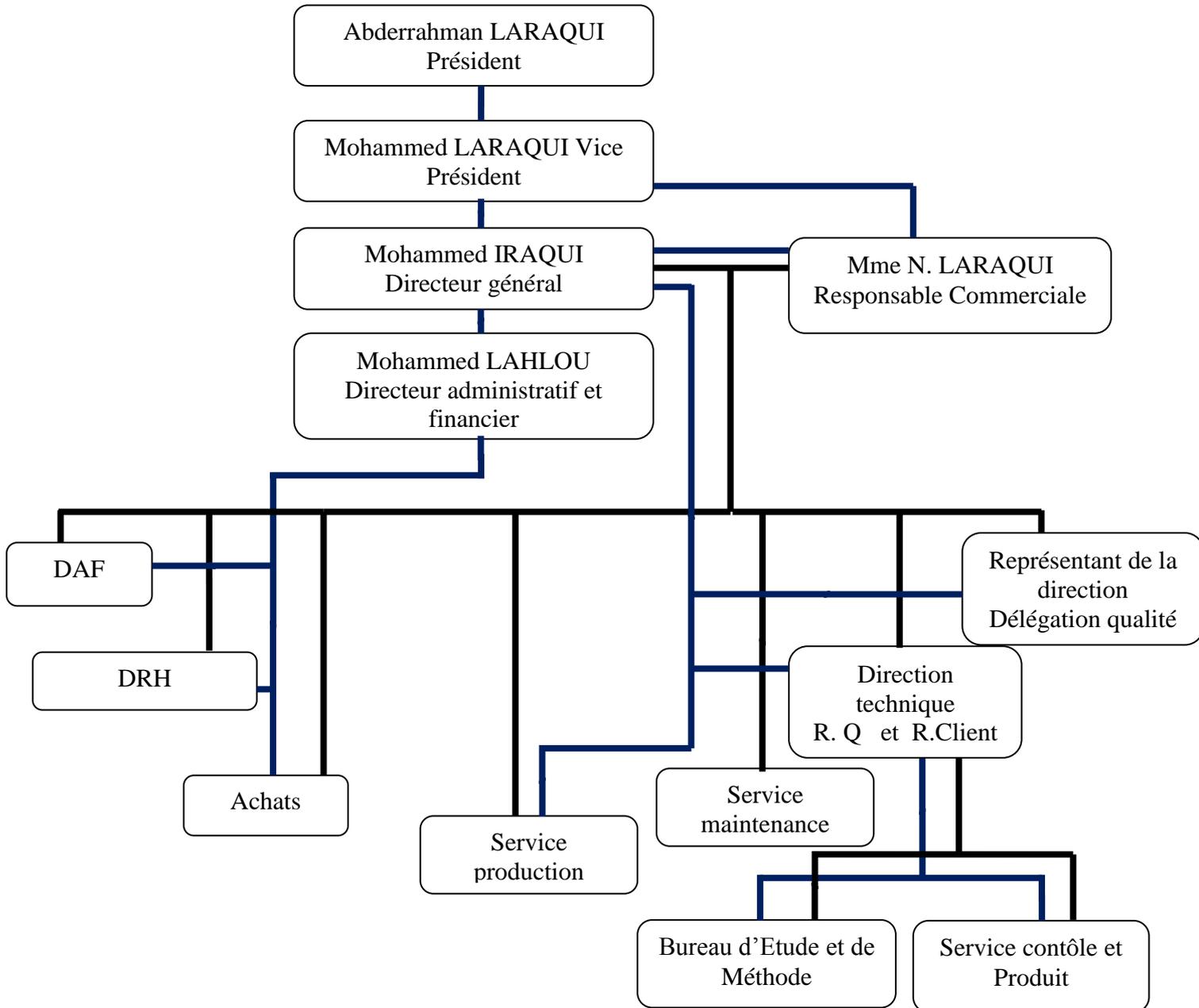
C'est un service qui assure le bon fonctionnement grâce à ses caractéristiques qui lui donnent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.

Ces besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences pour la qualité.

Section fonderie :

Elle est responsable de la production fonderie tant au niveau de la qualité que la quantité et elle est chargé de faire respecter les procédures et les règles de sécurités dans le travail.

4. Organigramme FM



IV. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté le secteur automobile, la société FM, ses activités, ses différents services et son organisation technique, dans le chapitre suivant on va présenter le produit principal de la société, le disque frein, en décrivant son processus de fabrication.

Chapitre 2 : Processus de Fabrication au sein de l'entreprise FM.

I. Introduction

Un véhicule en mouvement possède une énergie cinétique, fonction de la masse et de la vitesse. Le rôle des freins est d'arrêter (ou de ralentir) le véhicule avec un maximum d'efficacité en transformant cette énergie cinétique en énergie calorifique, qui doit être évacuée rapidement pour assurer le bon fonctionnement du système de freinage.

Dans ce chapitre, on va voir le disque frein et ses composants, son fonctionnement et son processus de fabrication.

II. Disque frein et son fonctionnement

1. définition d'un disque frein

Le disque est constitué d'un anneau plein avec deux pistes de frottement, d'un bol qui est fixé sur le moyeu et sur lequel est fixée la jante, d'un raccordement entre les pistes et le bol. Les pistes de frottement sont dites extérieures quand elles sont situées du côté de la jante et intérieures quand elles sont situées du côté de l'essieu.

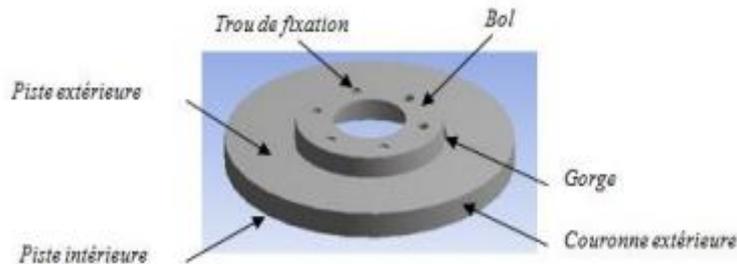


Figure 2: Composants d'un disque

2. Différence entre un disque ventilé et un disque plein

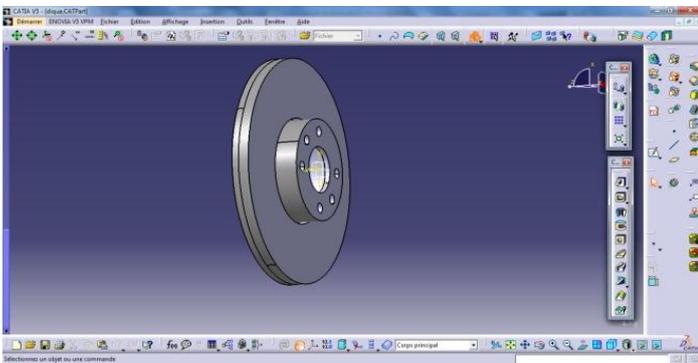


Figure 4: Disque plein sous Catia V5

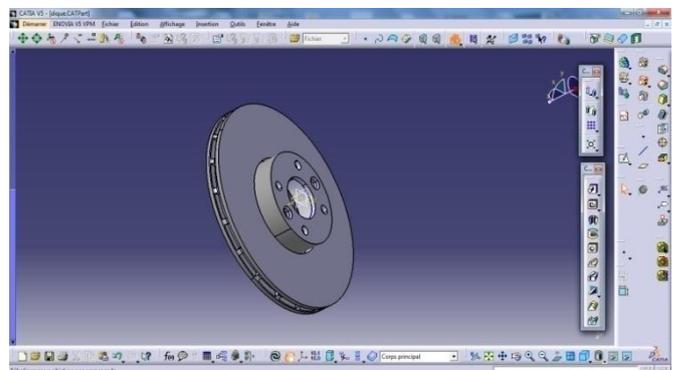


Figure 3: Disque ventilé sous Catia V5

La différence est assez simple, un disque plein pur et sans aucune particularité. Tandis que le disque ventilé ressemble à deux disques pleins superposés avec un espace entre les deux pour améliorer le refroidissement (elle peut en effet se dissiper aussi par le centre du disque).

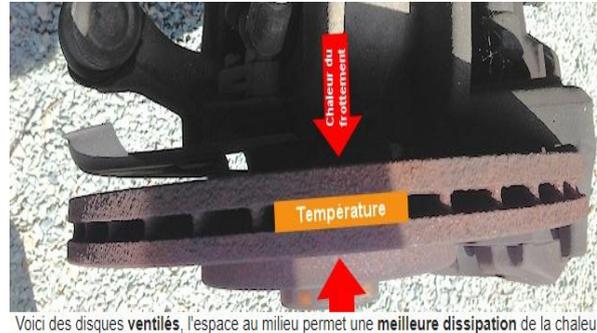


Figure 5: dissipation de chaleur sur un disque ventilé

III. La chaîne de production des disques ventilés

Disposition des machines et des postes de travail, conforme à un plan établi en fonction d'un certain nombre de critères : flux matière, gammes de fabrication, encombrement, infrastructure, structure d'organisation. Il existe trois types :

- Implantation en section homogène .
- Implantation en cellules de fabrication
- Implantation en lignes de fabrication

Vu que la chaîne de production chez FM est : [Implantation en lignes de fabrication](#)

Les machines sont implantées de telle sorte que la matière passe toujours dans le même sens, sans retour en arrière

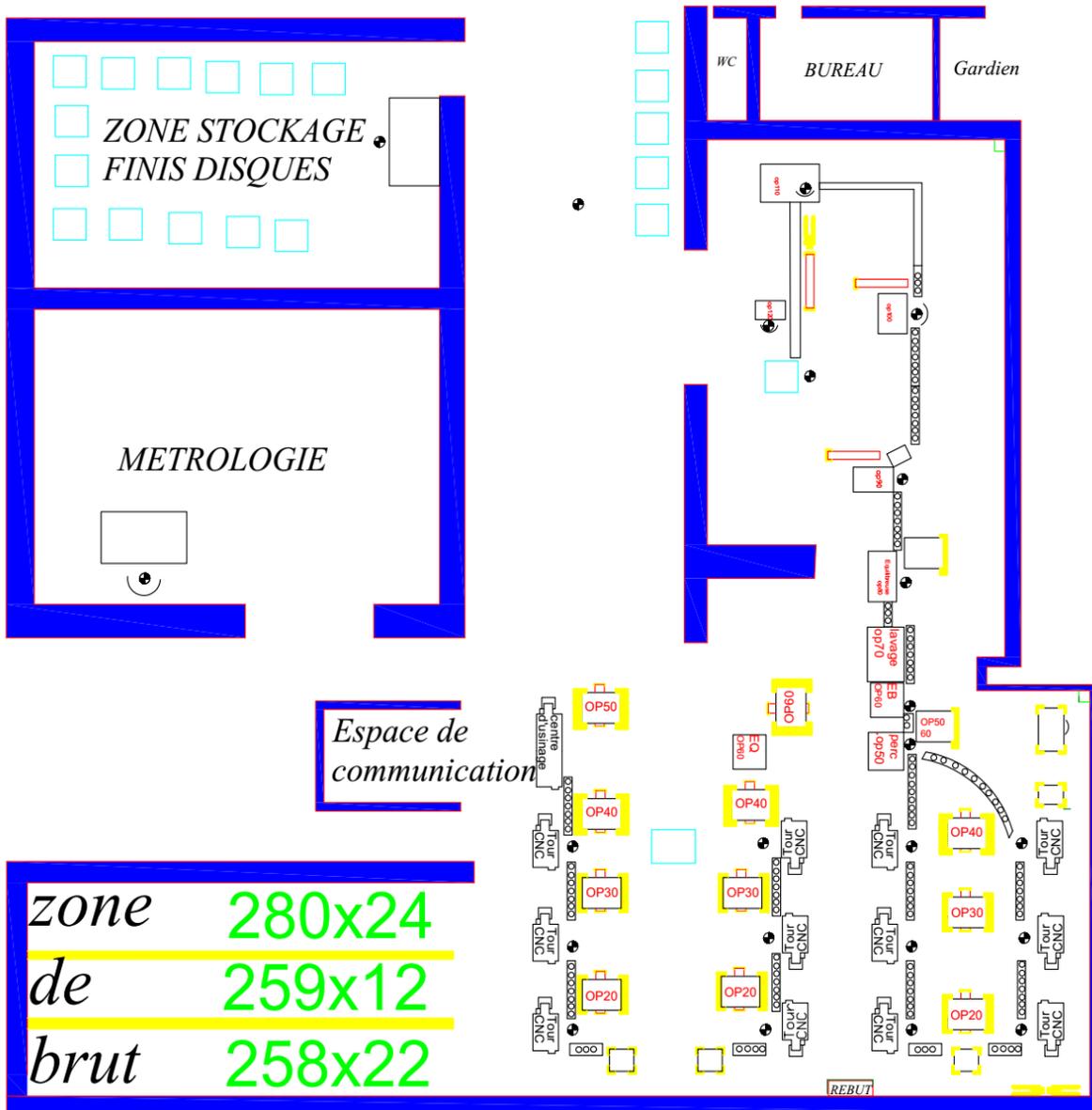


Figure 6: chaîne de production de FM sous autocad

IV. Processus d'usinage

1. Les opérations

En effet , la ligne de production s'effectue avec un processus d'usinage que se soit un disque ventilé ou plein, cela dépend du cahier de charge du client.

L'usinage est une famille de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe de l'usinage est d'enlever la matière d'une manière à donner à la pièce brute la fonte voulue à l'aide d'une machine-outil, par technique , on obtient des pièces d'une grande précision.

L'usinage est assuré à l'aide des machines de nouvelle génération CNC, et passe par les opérations suivantes :

- OP 10 :** Réception des disques bruts ventilés DV 258 *22 et 295*12. Lors de cette opération , l'opérateur doit vérifier à 100% la présence des deux couleurs , sur le disque ventilé (vert et jaune) et sur le disque plein (vert et bleu)
- OP 20 :** Le dressage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure ou intérieure) perpendiculaire à l'axe de la broche
- OP 30 :** L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce.
- OP 40 :** LE Chanfreinage est l'opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension,de façon à supprimer un angle vif, ou réaliser un petit chanfrein d'entrée, permettant ainsi un bon emboitage dans un alésage.
- OP 50 :** Le perçage est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce à l'aide d'un foret.
Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce.
- OP 60 :** ébavurage:consiste à vérifier l'absence de bavure sur les deux faces, jante et face, appui moyeu.
- OP 70 :** Lavage:se fait avec une machine à laver
- OP 80 :** équilibrage:consiste à équilibrer le disque avec une équilibreuse de la matière avec une fraise spéciale.
- OP 100 :** Contrôle de fissuration de matière.
- OP 110 :** Peinture.
- OP 120 :** Contrôle visuel.

2. Choix de machine

Le tour est une machine-outil permettant de réaliser les opérations de tournage. Parmi les types de tour, on trouve :le tour conventionnel,le tour automatique et le tour CNC (à commande numérique), qui est le plus utilisé.

Le tour CNC est équipé d'une commande numérique qui pilote la machine en suivant un programme réalisé manuellement ou automatiquement.

La structure d'un tour CNC est plus complexe et dépend de la configuration de la machine .
 Les pièces à usiner sont placées dans les mandrins de la broche. La commande numérique gère la rotation de la broche, le choix des outils coupants (en commandant la rotation de la tourelle), les mouvements coupants (en commandant les déplacements de la tourelle).

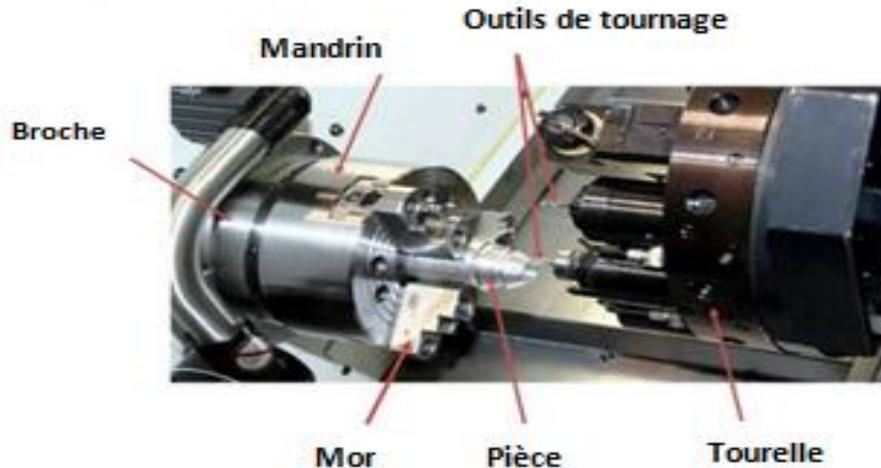


Figure 7: Composants Machine Tour CNC

3. Choix d'outils

Les outils de tournage actuels constitués d'une porte-plaquette munie d'un dispositif de fixation et d'une plaquette interchangeable constituée d'une matière plus dure et comportant plusieurs arêtes de coupe .

L'approche suivante permet de choisir « pas-à-pas » les caractéristiques de l'outils de tournage convenant pour une application déterminée :

- Système de fixation de la plaquette ;
- Dimension et type de porte-plaquette ;
- Forme de plaquette ;
- Taille de plaquette ;
- Rayon de bec ;
- Type de plaquette ;
- Matière de l'outils ;

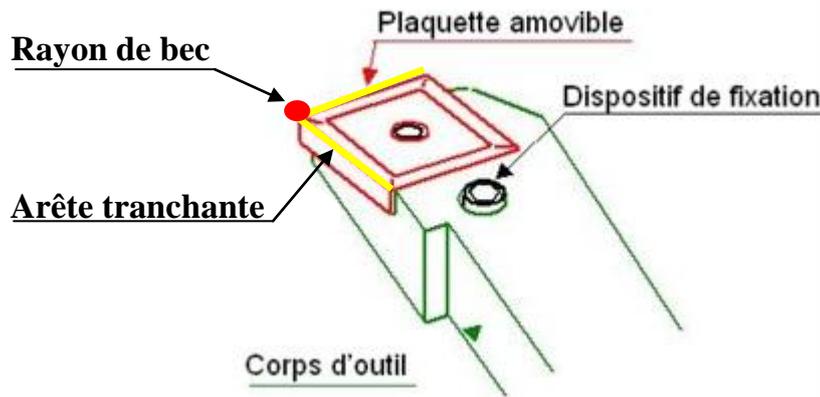


Figure 8: Composants Outil Plaquette

4. Choix de plaquette

Concernant le choix de plaquette, on sait que la matière du disque frein est constituée de la fonte et de l'aluminium, qui est difficile à usiner, donc on aura besoin des outils à très grande vitesse de coupe, donc les plaquettes utilisées doivent supporter la chaleur résultée par l'effet de coupe.

La nature de la matière des plaquettes qui répond à ces critères selon SANDVIK : Il existe deux choix de céramique soit CBN ou CC mais on choisit le CC parce qu'il est peu coûteux.

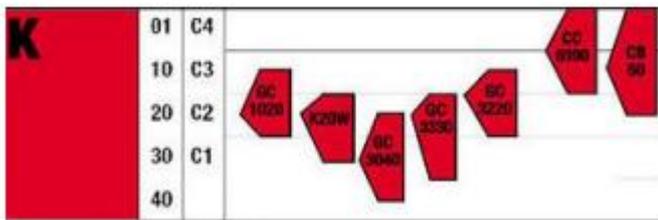


Figure 10: Les nuances de plaquettes selon SANDVIK

P Aciers	M Aciers inoxydables	K Fontes
N Aluminium	S Alliages réfractaires	H Aciers trempés

Figure 9: Types de matière à usiner

5. Temps du cycle

C'est le temps nécessaire à un article pour passer d'un point d'entrée à un point de sortie d'une gamme.

Chaque groupe réalise chaque jour 800 disques freins par 8h, puisqu'il y'a 3 groupes donc 2400 disques par jour.

Le temps du cycle est composé de trois temps nécessaires :

- **Les temps Manuels(Tm)** :pour les tâches réalisées par un opérateur uniquement.
- **Les temps Technologiques(Tt)** :pour les tâches réalisées par une machine seule.
- **Les temps masqués(Tz)** :c'est le temps correspondant à un travail manuel effectué pendant que la machine travail. Ce temps n'est donc pas pris en considération pendant la durée du cycle.

ETUDE DE PHASE		Pièce : disque ventilé Machine : tour à commande numérique Phase : 20			
		Temps en secondes			
Désignation des opérations et éléments de travail		Tt	Tm	Tz	
1	Prise et montage de la pièce		2		
2	Fermer le capotage		7		
3	Appuyer sur départ cycle		2		
4	Serrage de la pièce	3			
5	Mise en rotation de la broche	3			
7	Usinage outil T1	13.8			
10	Usinage outil T2	18.8			
11	recule et évolution tourelle	2			
12	Approche outil 3 et avance rapide	18.7			
13	Usinage outil T3	2			
14	Retour rapide	2			
15	Arrêt de rotation de la broche	2			
16	Desserrage de la pièce		2		
17	Ouverture de capotage		3		
18	Démonter la pièce	8	2		
19	Posage de la pièce		2		
20	Nettoyer le montage	2		2	
21	Contrôle de la pièce			19.2	
		Totaux	54.6	20	21.2
		Temps total	95.8 seconde		

Tableau 2: temps effectué durant l'Op 20

V. Conclusion

Dans ce chapitre, on a étudié les processus de fabrication de disque frein et les différentes opérations qu'il subit pour obtenir un produit fini. Dans le chapitre qui suit, nous allons traiter la problématique sur laquelle portera notre projet et le système de nettoyage des plaquettes thermoformées.

Chapitre 3 : Problématique et conception mécanique de la machine

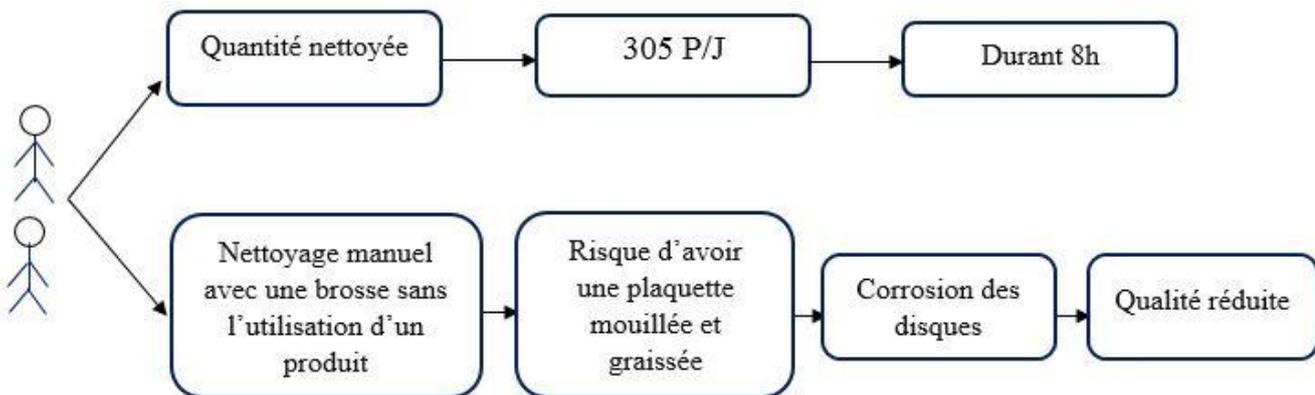
I. Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter la problématique du projet, qui réside sur le nettoyage des plaquettes thermoformées où on dépose les les disques freins donc pour résoudre ce problème nous avons étudiée, le cahier de charge fonctionnel pour répondre aux besoins du projet, l'étude technique des différents composants de la machine et la représentation de la machine sous Catia V5.

II. Cahier de charge fonctionnel

1. La problématique

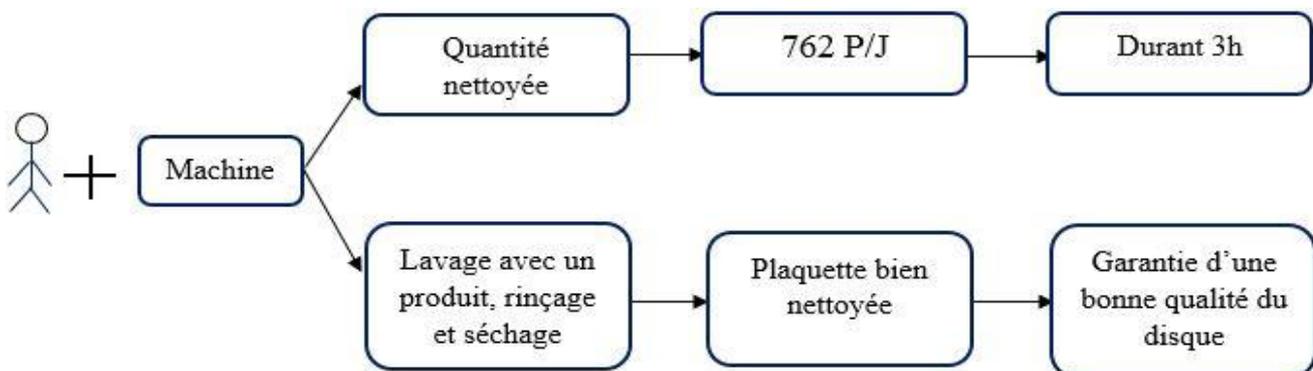
Avant de déposer les disques freins dans les plaquettes thermoformées, deux opérateurs s'occupent de nettoyage manuel de ces plaquettes.



2. La solution

Après avoir étudié la problématique, on doit assurer un bon nettoyage dans un temps réduit afin de maintenir la qualité des disques.

Notre travail consiste à faire l'étude et la conception d'un système (Machine) de lavage et séchage de ces plaquettes contrôlées par un opérateur.



Les solutions de notre projet doivent respecter les exigences et les contraintes suivantes :

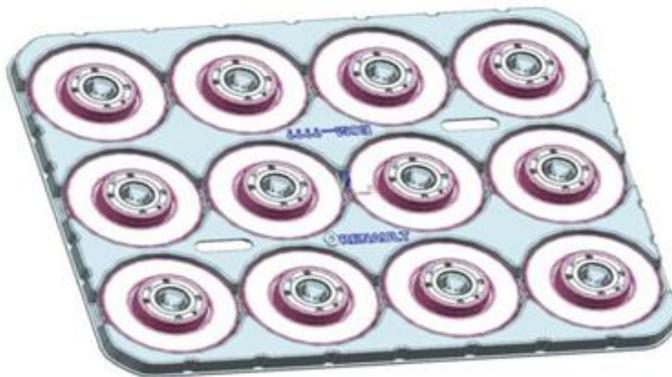
Exigence	Description
Cuve de la machine	Lg = 3521mm Lr = 1400mm Ht = 2400mm Epaisseur = 40mm Matériau en acier inoxydable
Convoyeur	Lg = 3921mm Lr = 200mm Ht = 1000mm Ou avec des pieds réglable.
Lavage	Durée : 45s Quantité de l'eau refoulée pour 1 plaquette : 2L pour lavage 3L pour rinçage 40°C pour lavage 40°C pour rinçage 80°C pour séchage
Pompe	Pompe centrifuge avec un débit dépend de la durée et la quantité de l'eau refoulée pour une seule plaquette
Filtration	En se basant sur un filtre, de débit d'aspiration est supérieur à 50 l/min, pression max 12bar dans les deux compartiment (lavage,rinçage).
Compresseur	Compresseur à vise (déjà il existe au sein de l'entreprise) Pression: Max: 15 bar Min: 8 bar Puissance: Max: 15 kW Min: 11 kW
Motoréducteur	Le motoréducteur avec ses caractéristiques qui dépendent de couple torsion du convoyeur.

3. Situation cible

1. Minimiser le temps de lavage des plaquettes.
2. Avoir plus de production.
3. Réaliser plus de rentabilité, fiabilité et de longévité.
4. Assurer une bonne accessibilité.
5. Concevoir un système de circulation du liquide sous pression

III. Etude des plaquettes thermoformées

Dimension de l'intercateur → 1107*907*40mm
 N° de disque par emballage → 12u pour les 2 références



IV. Analyse fonctionnelle

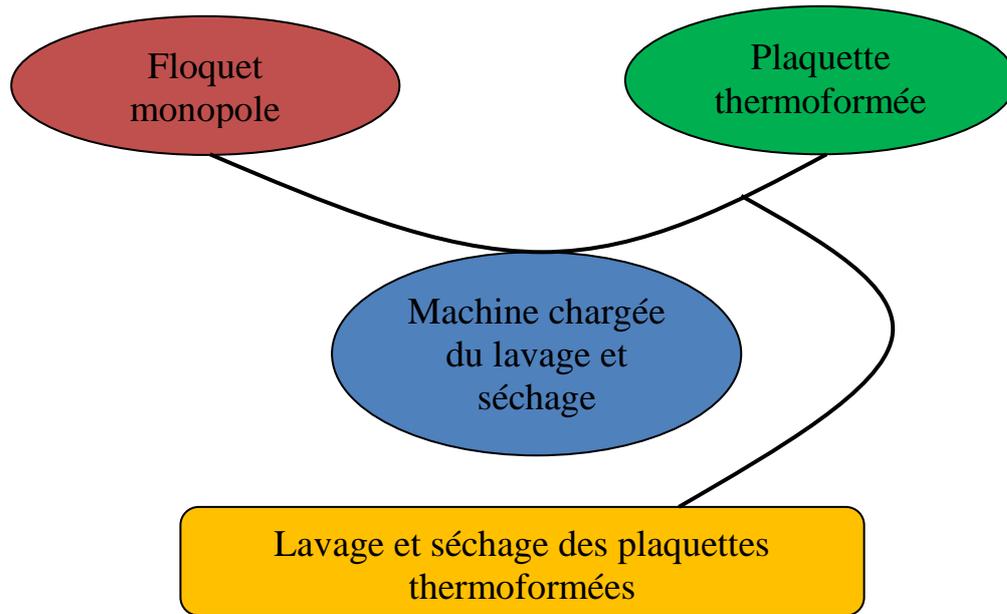
Est utilisée au début d'un projet pour créer (conception) ou améliorer (reconception) un produit.

Elle est un élément indispensable à sa bonne réalisation. Elle permet de structurer la réflexion qu'à le concepteur d'un produit, en partant du besoin auquel il répond jusqu'aux solutions technologiques adoptées.

1. La bête à cornes

On constate souvent que les acteurs du projet privilégient des solutions déjà connues sans analyser concrètement le besoin qui justifie le projet. Avant d'imposer un "comment" ou une solution, il faut se tourner vers l'utilisateur et/ou le demandeur, pour aboutir de manière structurée à la solution, car un projet n'a de sens que s'il satisfait le besoin. Il convient donc d'exprimer le besoin et rien que le besoin dès le lancement du projet. Il s'agit d'explicitier l'exigence fondamentale qui justifie la conception, ou la reconception d'un produit. Pour cela, il est essentiel de se poser les trois questions suivantes :

- À qui le *Produit* rend-il service ?
- Sur quoi le *Produit* agit-il ?
- Dans quel but le *Produit* existe-t-il?



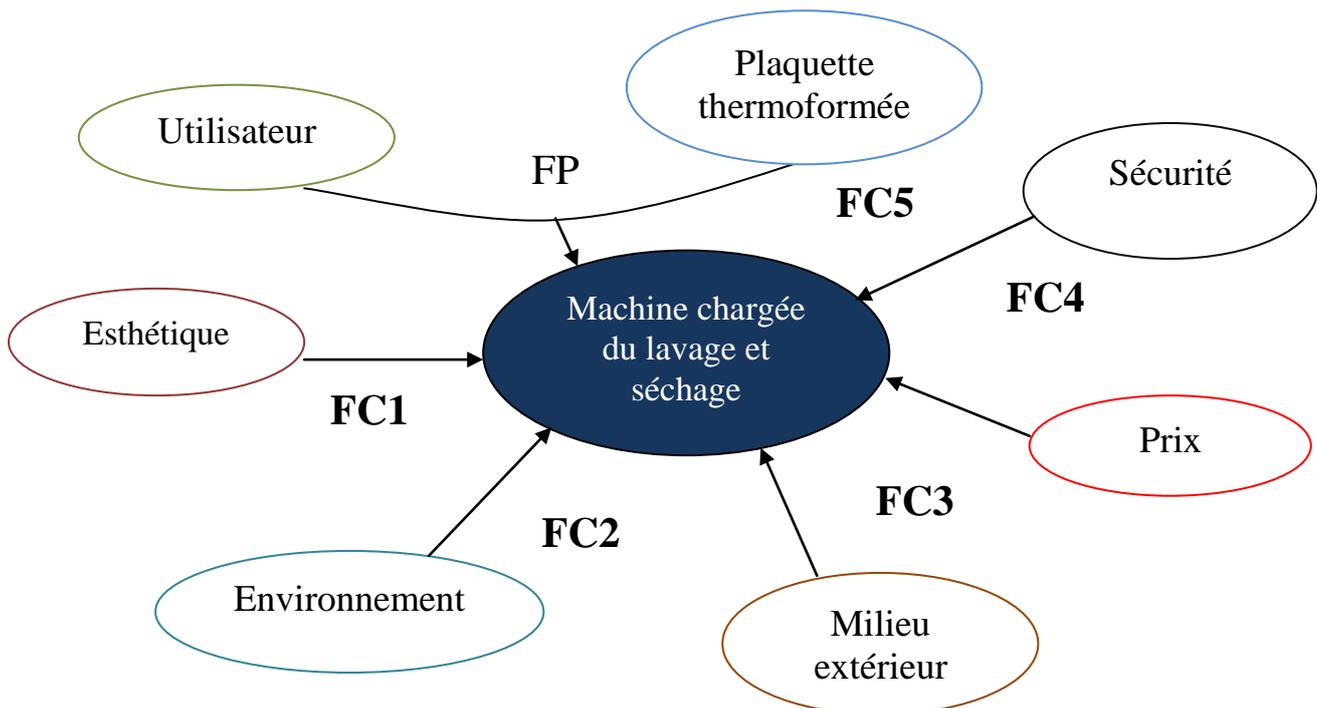
2. Diagramme Pieuvre

Le diagramme pieuvre sert avant tout à définir les fonctions que doit remplir un objet technique.

Les fonctions sont notées ci-dessous:

Fonction principale (FP): L'objectif premier d'un objet.

Fonction de contrainte (FC 1, 2,3...): Ce sont les objectifs que doit remplir l'objet par ordre de priori



Fonction de service	Désignation
FP	La machine permet à l'utilisateur de contrôler l'entrée et la sortie des plaquettes
FC1	Satisfaction de l'utilisateur
FC2	Doit être en accord avec l'environnement
FC3	Adaptation au milieu extérieur
FC4	Accessible financièrement
FC5	Respect des normes de sécurité

3. Diagramme de FAST

Un diagramme FAST présente une traduction rigoureuse de chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) constructive(s). Ce diagramme se construit de gauche à droite, suivant une logique du pourquoi au comment. Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit.

1) Les deux types de fonctions

(a) Fonctions de service

Les fonctions de service constituent une relation entre le système et le milieu extérieur, elles traduisent l'action attendue ou réalisée par le produit pour répondre à un élément de besoin d'un utilisateur donné. Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin. Dans une étude donnée, leur énumération et leur formulation qualitative et quantitative résultent de l'analyse du besoin à satisfaire et le décrivent d'une manière nécessaire et suffisante.

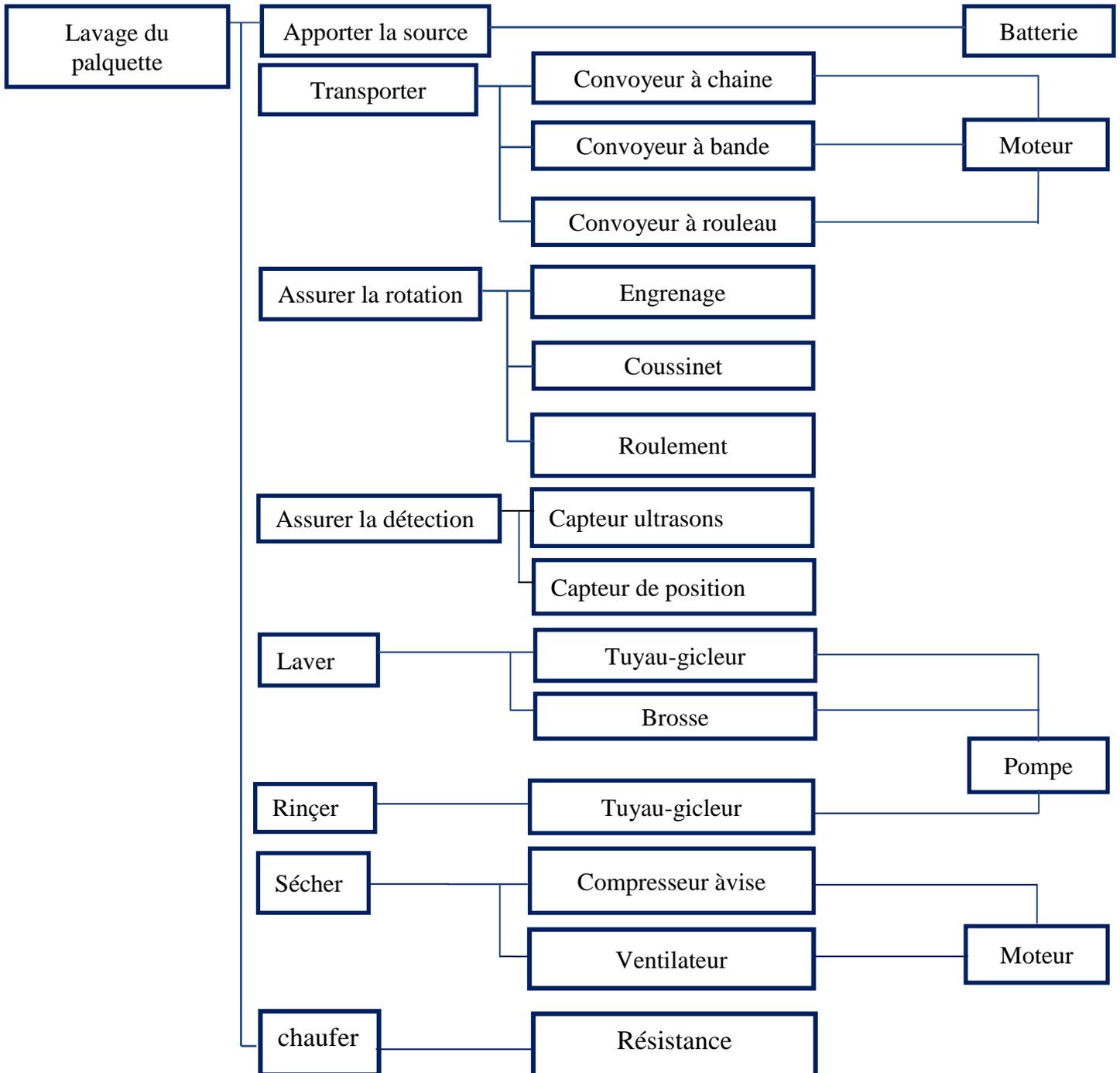
Il existe deux types de fonctions de service:

- les fonctions principales correspondantes au service rendu par le système pour répondre aux besoins.
- les fonctions contraintes traduisant des réactions, des résistances ou des adaptations à des éléments du milieu extérieur.

(b) Fonctions techniques

Les fonctions techniques sont internes au produit, elles sont choisies par le constructeur dans le cadre d'une solution, pour assurer une fonction de service.

2) Schématisation



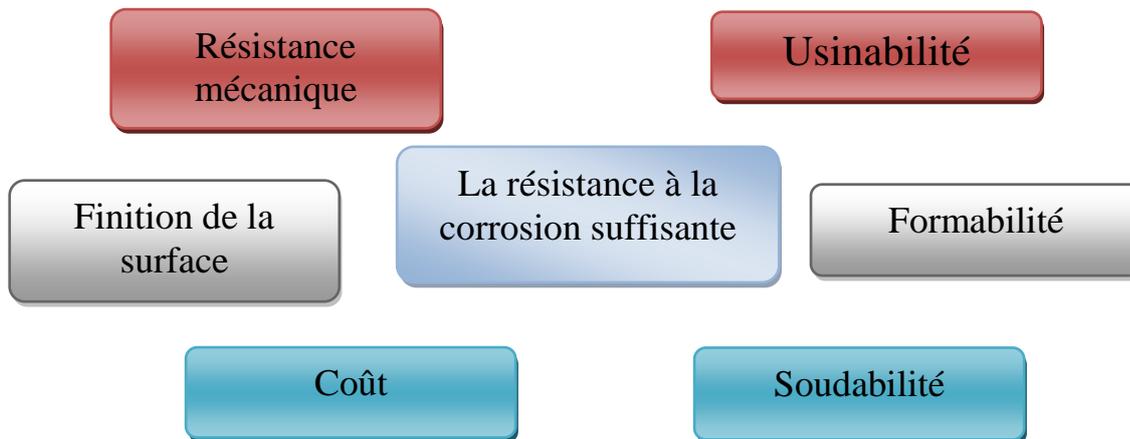
V. Etude technique et économique

Dans l'étude technique de notre projet et en se basant sur le cahier de charge de l'entreprise, on vous suggère de détailler l'ensemble de composants de la machine (matière, sécurité, milieu,...) qui sont nécessaires pour assurer la production correspondante aux objectifs commerciaux de l'entreprise.

La cuve :

Le choix de la cuve (matériau, dimension) a été effectué selon les critères suivants :

Tout d'abord le choix des matériaux doit optimiser un ensemble de propriétés :



On a proposé l'acier inoxydable pour le matériau de la cuve, à savoir que :

L'acier inoxydable est un alliage de fer et de chrome, qui peut aussi contenir du nickel, du molybdène et d'autres éléments, et qui présente des propriétés physico-chimiques supérieures aux alliages communs, sa principale caractéristique étant sa haute résistance à l'oxydation atmosphérique.

Voici ses caractéristiques:

- Haute résistance à la corrosion
- Résistance mécanique adéquate
- Facilité de nettoyage
- Résistance à des températures hautes
- Résistance à des variations brusques de température
- Finitions de surfaces et de formes variées
- Rapport coût / bénéfice favorable
- Coût d'entretien bas
- Durabilité

Les dimensions de la cuve :

Les dimensions de la cuve ont été bien choisies en fonction de son encombrement et l'espace qu'il va occuper pour l'accueillir, et la hauteur convenable à celle de l'opérateur pour faciliter l'opération de déposer les plaquettes successivement sur le convoyeur.

$L_g = 3921\text{mm}$

$L_r = 1400\text{mm}$

$H_t = 2400\text{mm}$

Ce sont des mesures prises en se basant sur le cahier de charge donné par l'entreprise.

Le choix du convoyeur : Voir [3]

Il faut d'abord préciser les caractéristiques de l'objet que l'on souhaite transporter à savoir les dimensions mini et maxi, la masse, le sens de transport et le type d'objet.

On a proposé un convoyeur à rouleau, il représente une solution flexible et économique pour gérer les transits de charges à fond plat. Qu'ils soient motorisés ou gravitaires, droits ou courbes.

Cette gamme dispose 4 types de technologies :

- Le LSC (Line Shaft Conveyor)
- Le Poly V CPV50
- le convoyeur CDR
- Le LPA (Low Pressure Accumulation)

Le choix de notre gamme est coincidé avec le convoyeur CDR avec ses rouleaux commandés par relais de chaînes :

Caractéristiques techniques :

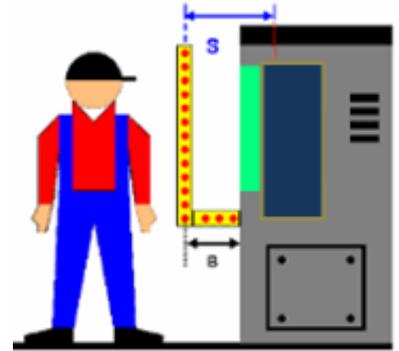
Rouleaux acier D50, entraînés par relais de chaîne avec un pas de 271mm

Largeur utile : 200mm.

Charge maxi : jusqu'à 80 kg /m

choix de capteur : voir [4]

le capteur ultrason est plus avantageux que le capteur de position car il peut détecter les objets jusqu'à plusieurs mètres, il permet de détecter tout types de matériaux sauf les objets absorbants les ondes sonores, le signal n'est pas influencé par la poussière et les environnements brumeux.



Distance:

Min: 300 mm

Max: 6000 mm

Choix de tuyau (gicleur, clapet, vanne, coude) :

La tuyauterie utilisée pour la majorité des installations de gicleurs est en acier inoxydable.

Même si l'on utilise majoritairement la tuyauterie en acier, le type de joint et la protection contre la rouille (galvanisation) permettront l'emploi de tuyauterie à paroi plus mince, ce qui améliorera l'écoulement d'eau, tout en diminuant les coûts d'installation.

Les dimensions de tuyau :

$L_g = 7000\text{mm}$

Diamètre (aspiration) = 65mm

Diamètre (refoulement) = 40mm

Gicleur : Voir [5]

Pour les gicleurs, on aura 1 pour chaque sortie, donc 18 unités

Les indications inscrites sur le gicleur :

- Type de gicleur : pulvérisateur
- Pression : 5 bar à 20 bar
- Buses orifice : 0.2 ~ 0.6mm

Clapet de non retour : Voir [6]

Ce clapet permet le passage du fluide dans le sens A vers B et interdit le passage du fluide dans l'autre sens. Cet appareil peut être monté en ligne sur une branche du circuit ou en dérivation (en parallèle) d'un autre appareil

UTILISATION :

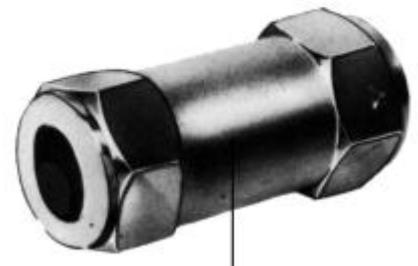
Industries chimiques et pharmaceutiques, industries

pétrochimiques, installations hydrauliques et air comprimé

Température mini admissible T_s : - 20°C

Température maxi admissible T_s : + 180°C

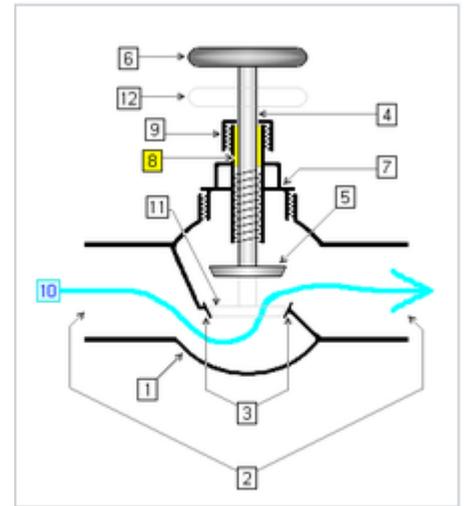
Pression maxi admissible P_s : 400 bars



Vanne :

Une vanne est un dispositif destiné à contrôler (stopper ou modifier) le débit d'un fluide en milieu libre (canal) ou en milieu fermé (canalisation) Voir [7].

1. Corps
2. Voie ou passage
3. Portée ou siège
4. Axe ou tige
5. Opercule
6. Volant ou actionneur
7. Chapeau ou bonnet
8. Garniture de presse-étoupe
9. Écrou de presse étoupe



Choix de réservoir d'eau :

On a étudié les dimensions du réservoir qui contient l'eau de rinçage et de lavage, et chaque mesure dépend de dimension de la machine.

- Ht = 500 mm pour avoir une grande pression.
- Lg = 1000 mm vu que le compartiment de rinçage occupe la même distance
- Lr = 700 mm cette mesure a été bien choisie, premièrement pour récupérer l'eau qui va s'écouler des tuyaus et faire sortir une partie de réservoir de la machine afin de faciliter pour l'opérateur de vérifier le niveau d'eau, la filtration et la vidange.

Le réservoir en forme rectangulaire :

$$\text{Volume} = 0.5 \times 1 \times 0.7 = \mathbf{0,35 \text{ m}^3 = 350 \text{ l}}$$

Choix de filtre : Voir [9]

Un **filtre** est un système servant à séparer des éléments dans un flux. L'action du filtre consiste à retenir, supprimer, rediriger ou modifier les éléments indésirables du flux, et à laisser passer librement les éléments utiles, de plus protéger la pompe des impurités.

En se basant sur un filtre d'aspiration de débit de 50 l/min, pression max 12bar dans les deux compartiments (lavage, rinçage) afin de gaspiller le taux de consommation.

Choix de compresseur : voir [10]

Compresseur à vis d'air stationnaire à moteur électrique avec sécheur par réfrigération



Pression:

Max: 15 bar (217.56 psi)

Min: 8 bar (116.03 psi)

Puissance:

Max: 15 kW (20.39 hp)

Min: 11 kW (14.96 hp)

Débit:

Max: 2.5 m³/min (88.29 ft³/min)

Min: 1.32 m³/min (46.62 ft³/min)



VI. Présentation de la machine

1. Description du fonctionnement de la machine

C'est une machine de lavage industriel qui effectue trois opérations fondamentales pour le lavage des plaquettes thermoformées, alors ces opérations se font dans trois compartiments alignés tout au long d'un convoyeur assurant la translation de la plaquette.

Au démarrage du premier cycle, un moteur électrique fait tourner un convoyeur après que le capteur ultrasons détecte la présence de la plaquette.

Les différents compartiments sont équipés de réservoirs indépendants avec leurs propres pompes, tuyauteries et systèmes de filtration.

Opération de lavage :

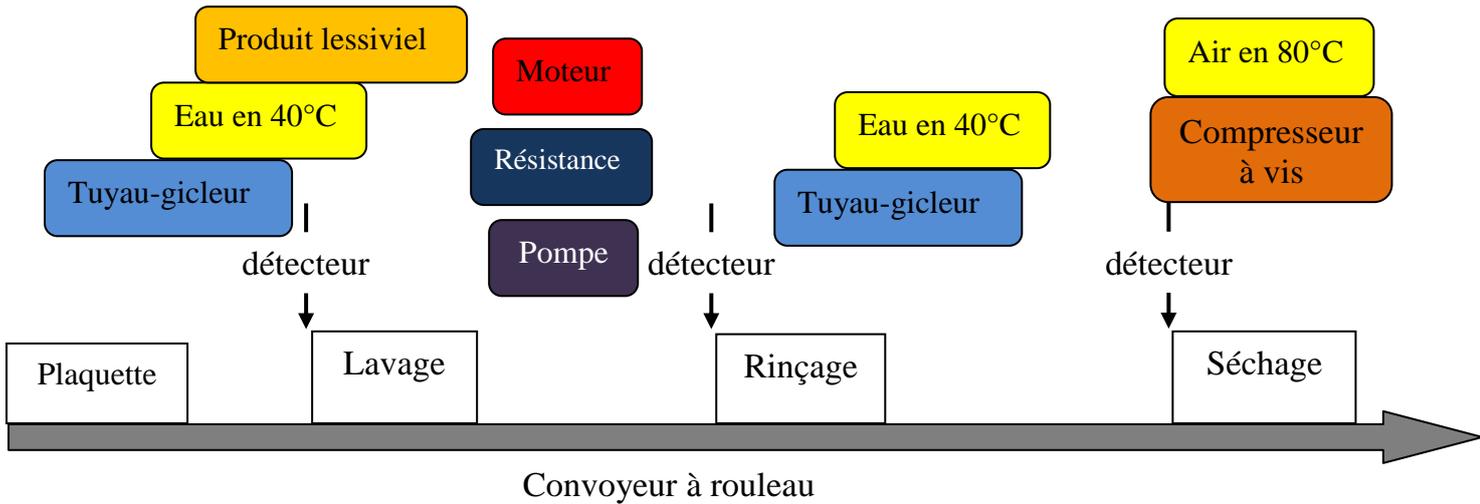
Avec de l'eau chaude à 40° C qui sort de 2 canalisations pour garantir un lavage efficace en se servant des produits détergents destinés à décoller efficacement les restes accrochés plus ou moins fortement aux plaquettes.

Opération de rinçage :

Ce compartiment a pour but d'évacuer les produits nettoyants des plaquettes avec de l'eau déminéralisée à 40 °C

Opération de séchage :

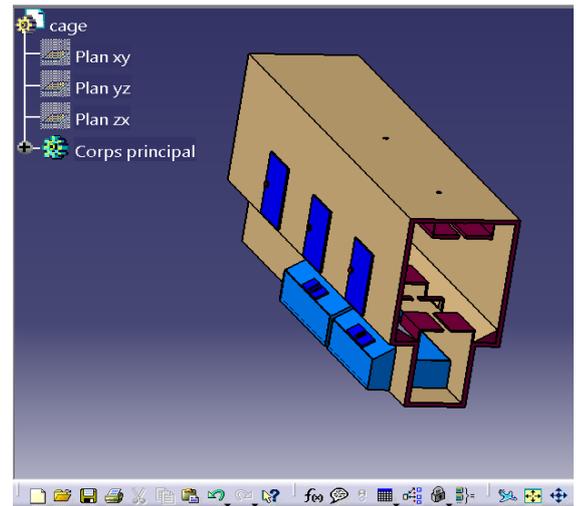
L'étape du séchage consiste à souffler sur les plaquettes par la circulation forcée d'air chaud dont la température est de 80° C pour qu'ils soient livrés par la suite à la place du contrôle.



2. Les composants de la machine

La cuve :

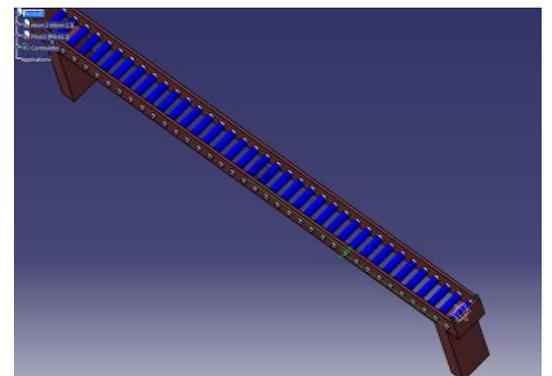
C'est un élément principal qui sert à couvrir la machine afin d'empêcher la propagation de l'eau à l'extérieur et éviter donc les fuites de chaleur et contribuer aux économies d'énergies. En revanche, cette sorte d'isolation permet également de réduire le bruit émis par la machine, la cuve est équipée de trois fenêtres, une pour le compartiment de lavage, la deuxième réservée pour le compartiment du rinçage et la troisième pour la chambre de séchage, alors le but est faciliter l'accès à ces compartiments en cas d'une panne ou d'un problème.



La cuve contient 2 réservoirs en bas une pour la récupération de l'eau avec produit et l'autre pour la récupération de l'eau de rinçage.

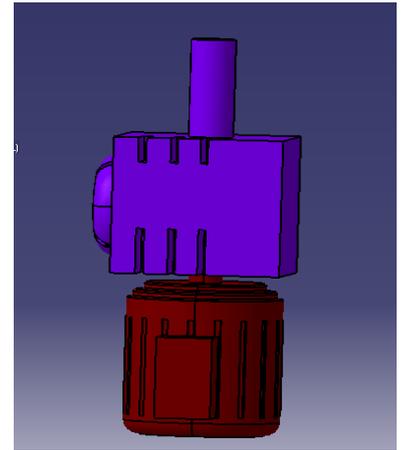
Le convoyeur à rouleau :

Ce mécanisme nous permet de transporter les plaquettes durant toutes les étapes du lavage, le convoyeur à rouleau est entraîné par un moteur



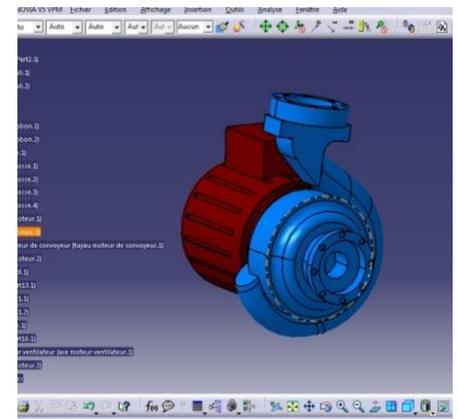
Motoréducteur :

Le motoréducteur est un appareil composé d'un moteur et d'un réducteur. Le but qu'on recherche en utilisant un motoréducteur est de réduire la vitesse du moteur tout en augmentant le couple. D'autre part, le motoréducteur peut être lié avec un variateur qui modifie un mouvement à un autre mouvement de rotation dont la vitesse et le couple de sortie sont modulables.



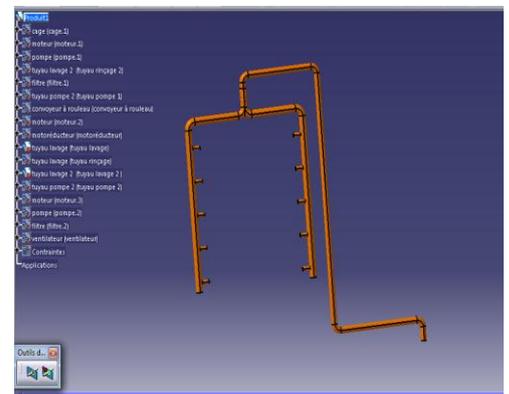
Pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant à travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur, donc le but est refouler de l'eau du réservoir vers les tuyauteries. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement. Alors ce type de pompe peut fonctionner en monophasé et en triphasé

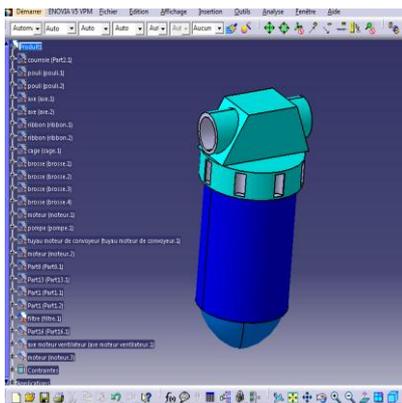


Tuyau de lavage et rinçage:

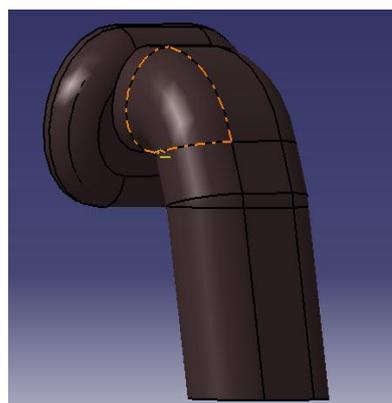
Ce tuyau est fixé à la paroi interne de chaque compartiment (lavage et rinçage) de la machine, elle est partagée en 2 tuyauteries et chaque tuyau contient 5 gicleurs, qui distribuent l'eau en pluie avec un grand débit pour avoir un lavage efficace autour du plaquette.



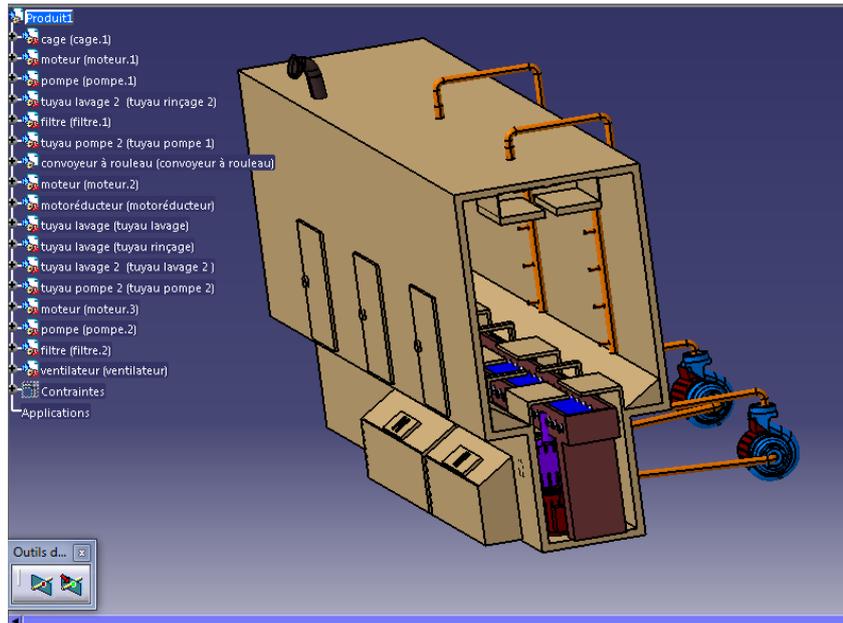
Filtre :



ventilateur :



Rassemblement de la machine sous catia :



3. Dessin d'ensemble

Pour le dessin d'ensemble, on a présenté la machine et chacune des pièces qui la composent. Les pièces sont dessinées à une échelle qui dépend de la feuille accueillant le dessin, à leur position exacte (assemblées), ce qui permet de se faire une idée concrète du fonctionnement du mécanisme. Le dessin est accompagné d'une nomenclature proposant une désignation de chaque pièce, Nombre, quantité, référence est le type. voir annexe.

VII. Conclusion

Ce chapitre rassemble toutes les étapes les plus importantes pour construire la machine, il faut suivre donc le cahier de charge fonctionnel tout en prenant en considération l'étude technique et économique, sans oublier que le dessin sous catia a ajouté plus de valeurs pour bien comprendre le système, il nous reste les calculs mécaniques pour choisir les éléments intervenants dans le système.

Chapitre 4 : Etude statique, calcul mécanique du système

I. Introduction

Dans ce chapitre, on va faire l'étude mécanique des composants principaux de notre machine laveuse en s'appuyant sur le cahier de charge, et des forces appliquées au convoyeur à rouleaux. On va éclaircir le choix de la pompe centrifuge et ses caractéristiques, et le choix du motoréducteur.

1. Etude de la pompe centrifuge

Comment choisir une pompe centrifuge ?

Une pompe centrifuge doit être choisie selon les caractéristiques réelles de l'installation.

Les données nécessaires pour un dimensionnement correct sont les suivantes :

Débit Q

Quantité de liquide débitée par la pompe dans l'unité de temps, normalement exprimée en m^3/h

Hauteur manométrique totale :

Hmt C'est la somme de la hauteur géométrique dans les niveaux du liquide et les pertes de charge causées par de frottements intérieurs qui se forment au passage du liquide dans les tuyaux, dans la pompe et les accessoires hydrauliques. L'expression à identifier est la suivante:

$$Hmt = H_g + \Delta p_c \text{ m colonne de liquide}$$

H_g = hauteur géométrique à l'aspiration / H_{ga} + hauteur géométrique au refoulement (H_{gp})

Δp_c = somme des pertes de charge dans l'installation calculée selon les éléments suivants :

Diamètre, Longueur et matériel composant les tuyaux d'aspiration et de refoulement

(tableau 3) voir annexe.

Quantité et type des coudes dans la tuyauterie et accessoires hydrauliques comme clapet de pied avec crépine, vannes, clapet de non-retour, filtres éventuels (tableau 4) voir annexe.

Nature du liquide (si différent de l'eau), température, viscosité et densité.

Compte tenu de la nature du circuit de circulation de notre système, on va choisir le pompage en charge.

Fonctionnement en charge :

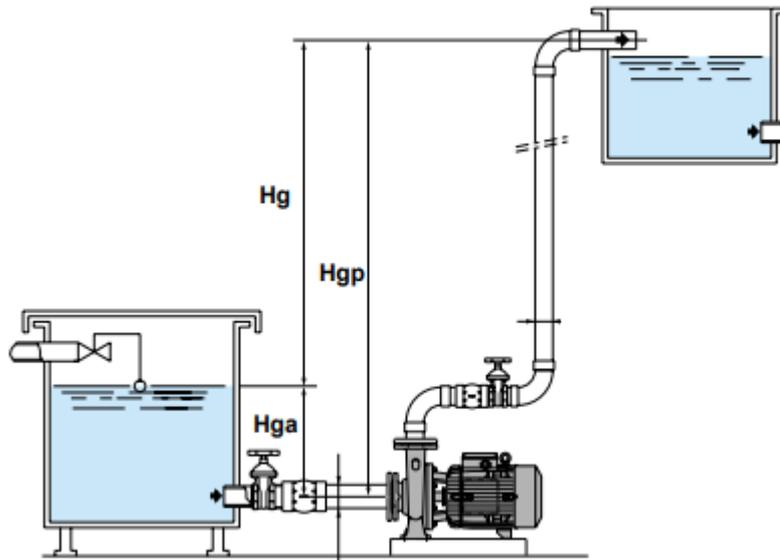


Figure 11:fonctionnement en charge d'une pompe centrifuge

1) Calcul de La puissance de la pompe de lavage

Calcul du débit :

le tuyau est partagé en 10 canalisations, Qui va refouler 3 L durant 13s.

$$Q_v = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

A.N
$$Q_v = \frac{3 \times 10^{-3} \times 10 \times 3600}{13} = 8.30 m^3/h$$

Calcul de la vitesse d'eau d'aspiration

$$V = \frac{4 \times Q_v}{\pi \times d^2}$$

$$V = \frac{4 \times 8.30}{\pi \times 0.065^2 \times 3600} = 0.69 m/s$$

Calcul des pertes de charges d'aspiration

Norme de tuyauterie DIN 2448

Dimension de tuyauterie DN 65

Diamètre de tuyauterie 65mm

Longueur de tuyauterie 1000mm

Nombre de vannes 1

Clapet de non retour 1

Coude 1

Rugosité de la paroi intérieure de la tuyauterie $k = 0.015mm$

1 m de tuyau Ø65	pc = 0.6m
1 coude	pc = 1.35m
1 Clapet de pied	pc = 32m
1 vanne	pc = 0.7m

$$PC_t = 34.65\text{m}$$

Calcul de la vitesse d'eau de refoulement

$$V = \frac{4 \times 8.30}{\pi \times 0.04^2 \times 3600} = 1.83\text{m/s}$$

Calcul des pertes de charges de refoulement

Norme de tuyauterie DIN 2448

Dimension de tuyauterie DN 40

Diamètre de tuyauterie 40mm

Longueur de tuyauterie 6000mm

Nombre de vannes 1

Clapet de non retour 1

Coude 14

Rugosité de la paroi intérieure de la tuyauterie $k = 0.015\text{mm}$

6 m de tuyau Ø40 pc = 7m

14 coude pc = 6m

1 Clapet de pied pc = 40m

1 vanne pc = 3.3m

$$PC_t = 56.3 \text{ m}$$

Calcul de la hauteur manométrique

$H_g = H_{gp} - H_{ga} = 2 - 0.45 = 1.55 \text{ m}$ hauteur géométrique de l'installation

$H_{mt} = H_g + \Delta p = H_{gp} - H_{ga} + \Delta p_c = 1.55 + 90.95 = 92.5\text{m}$.

Calcul des pertes de charges totales

$\Delta p_c = \text{somme des pertes de charge} = 34.65 + 56.3 = 90.95\text{m}$

Calcul de la puissance de la pompe

$$P = QV \times \rho \times g \times H_{mt}$$

$$\text{A.N} \quad P = \frac{8.30 \times 1000 \times 9.81 \times 92.5}{3600} = 2092.11 \text{ W}$$

2) Calcul de la puissance de la pompe de rinçage

Calcul du débit :

le tuyau est partagé en 8 canalisations. Qui va refouler 2L durant 13s

$$Q_v = \frac{2 \times 10^{-3} \times 8 \times 3600}{13} = 4.43 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Calcul de la vitesse d'eau d'aspiration

$$V = \frac{4 \times 4.43}{\pi \times 0.065^2 \times 3600} = 0.37 \text{ m/s}$$

Calcul des pertes de charge d'aspiration

Norme de tuyauterie DIN 2448

Dimension de tuyauterie DN 65

Diamètre de tuyauterie 65mm

Longueur de tuyauterie 1000mm

Nombre de vannes 1

Clapet de non retour 1

Coude 1

Rugosité de la paroi intérieure de la tuyauterie $k=0.015\text{mm}$ 1 m de tuyau Ø65 $pc = 0.6\text{m}$ 1 coude $pc = 0.43\text{m}$ 1 Clapet de pied $pc = 31\text{m}$ 1 vanne $pc = 0.13\text{m}$

$$PC_t = 32.16\text{m}$$

Calcul de la vitesse d'eau de refoulement

$$V = \frac{4 \times 4.43}{\pi \times 0.04^2 \times 3600} = 0.97 \text{ m/s}$$

Calcul des pertes de charge de refoulement

Norme de tuyauterie DIN 2448

Dimension de tuyauterie DN 40

Diamètre de tuyauterie 40mm

Longueur de tuyauterie 4000mm

Nombre de vannes 1

Clapet de non retour 1

Coude 14

4 m de tuyau Ø40 pc = 7m
 6 coude pc = 2.7 m
 1 Clapet de pied pc = 35 m
 1 vanne pc = 1.45m

$$PC_t = 46.15m$$

Calcul e de la hauteur manométrique

$H_g = H_{gp} - H_{ga} = 2 - 0.45 = 1.55$ m hauteur géométrique de l'installation

$H_{mt} = H_g + \Delta p = H_{gp} - H_{ga} + \Delta p_c = 1.55 + 78.31 = 122.95m.$

Calcul e pertes de charges totale

$\Delta p_c = \text{somme des pertes de charge} = 32.16 + 46.15 = 78.31m.$

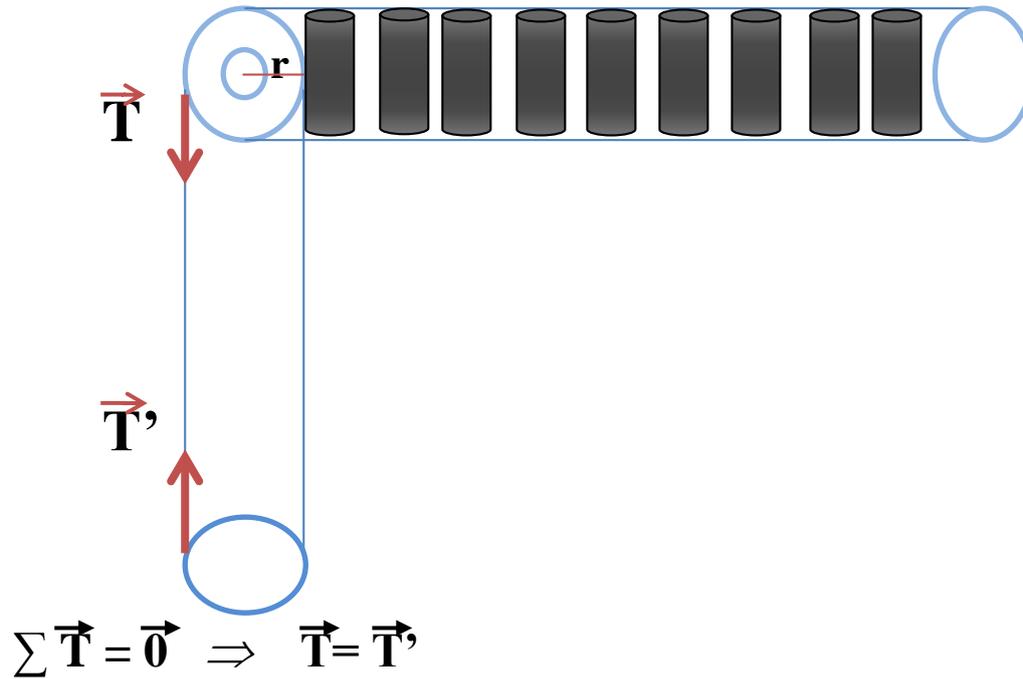
Calcul e de la puissance de la pompe

$$A.N \quad P = \frac{4.43 \times 1000 \times 9.81 \times 78.31}{3600} = 945.33 \text{ W}$$

Donc la pompe qui convient avec les résultats qu'on a obtenu est la pompe multicellulaire horizontale LOWARA, dont les caractéristiques sont les suivants: voir [12]

	
Version HM...S	Corps de pompe et roue en acier inox AISI 304 pour l'industrie.
Fonctionnement du moteur en monophasé et triphasé	Version monophasée : 220-240 V 50 Hz de 0,5 à 2,2KW. Version triphasée : 230-400 V 50 Hz de 0,3 à 3 KW.
Débit	Jusqu'à 31 m ³ /h.
HMT	Jusqu'à 160 m
Température du liquide pompé	-30 °C à +120 °C.
Pression maximale du service	16 bars

2. Etude de Convoyeur - Motoréducteur:



$$\sigma \leq \frac{Re}{FS} \Rightarrow \frac{T r}{J} \leq \frac{Re}{FS}$$

1) Calcul de la vitesse de convoyeur

On a : $L = 3921 \text{ mm}$, $t = 45 \text{ s}$

$$V = \frac{d}{t}$$

$$V = 0,087 \text{ m/s}$$

Le couple maximal T :

calcul de seconde polaire J :

$$J = \frac{\pi}{2} r^4$$

$$J = 6,13 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

On a :

$$\frac{T r}{J} \leq \frac{Re}{FS}$$

$$T \leq \frac{Re \times J}{FS \times r}$$

$$T \leq 122.6 \text{ Nm}$$

Avec :

$Re = 200 \text{ Mpa}$, $r = 25 \text{ mm}$, $FS = 4$, voir [13].

2) Calcul de la puissance de réducteur

$$P_{\text{red}} = \omega \cdot T = \frac{V}{r} \cdot T$$

$$P_{\text{red}} = 426.648 \text{ W}$$

3) Calcul de la puissance de moteur

Par conséquent la puissance de moteur est :

$$P_{\text{mot}} = \frac{P_{\text{red}}}{\eta}$$

Après une discussion avec l'encadrant de l'entreprise, le rendement d'un nouveau réducteur est un peu prés égale 0.96

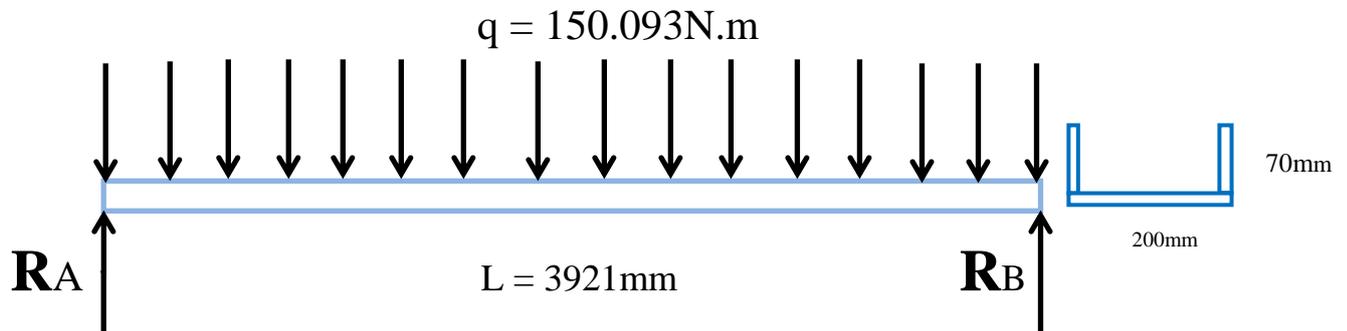
$$P_{\text{mot}} = 444.425 \text{ W}$$

D'après l'étude théorique qu'on a obtenu, on a choisi le motoréducteur électrique monophasé / triphasé à arbres coaxiaux dont les caractéristiques sont extrêmement compatibles avec nos besoins : voir[11] ;

- Type d'arbre :coaxial
- Type : à engrenage hélicoidal
- Couple : de 50N.m à 700Nm
- Puissance : de 0.12KW à 7.5KW



3. Calcul RDM



On a :

$$\begin{aligned} q &= m \cdot g \\ &= 15.3 \times 9.81 \end{aligned}$$

$$q = 150.093 \text{ N}$$

Puisque la charge est répartie sur le convoyeur alors :

$$q' = q \cdot L$$

$$q' = 588.51 \text{ N.m}$$

En appliquant la première loi de newton :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F} = \vec{0} \\ RA + RB - q' = 0 \\ RA + RB = q' \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{M} = \vec{0} \text{ au point A} \\ \left(\frac{L}{2} \times -q'\right) + (L \times RB) = 0 \\ RB = q'/2 \\ RB = 294.255\text{N} \end{array} \right.$$

Donc :

$$RA = q' - RB$$

$$RA = 588.51 - 294.255 = 294.255\text{N}$$

Par conséquence : $RA = RB$

Calcul de contraintes :

$$\sigma = \frac{RA}{S}$$

$$\sigma = \frac{294.255}{7400 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = 39764.18\text{Pa}$$

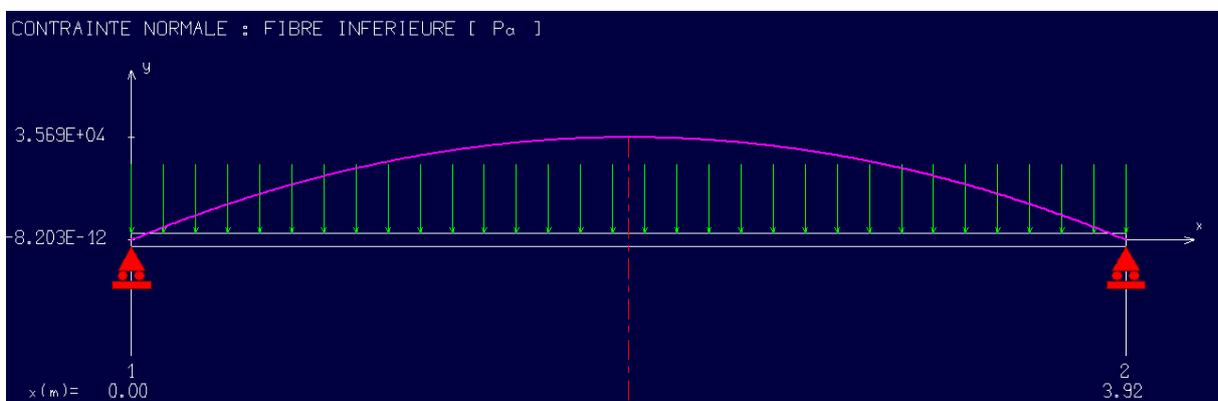


Figure 12: la contrainte normale sous RDM 6

Vérifions maintenant la condition de résistance :

La contrainte appliquée sur le matériau doit rester inférieure à la limite pratique à l'extension du matériau.

$$\sigma < R_{pe} \quad \text{avec} \quad R_{pe} = \frac{R_e}{F_s} = \frac{R_e}{2}$$

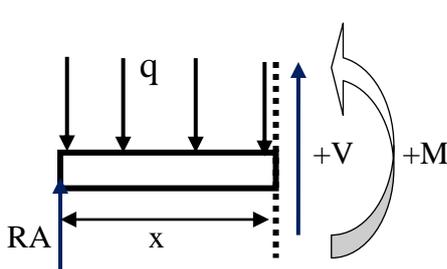
A.N

$$\sigma < R_{pe} = 50 \times 10^6 \text{Pa}$$

Donc la condition de la résistance est vérifiée.

1) Calcul des efforts tranchants et les moments fléchissants

Méthode des sections :



$$0 \leq x \leq \frac{L}{4}$$

{

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$R_A + V - qx = 0$$

$$V = qx - R_A$$

$$V = qx - \left(\frac{qL}{2}\right)$$

{

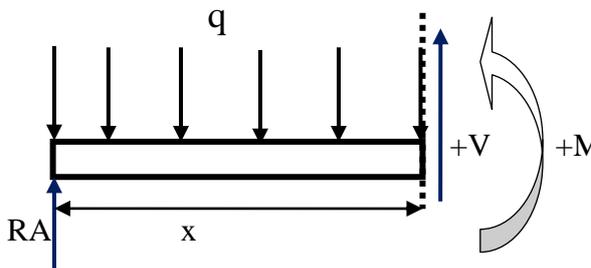
$$\sum \vec{M} = 0$$

$$M + \frac{x}{2}qx - xR_A = 0$$

$$M = -\frac{qx^2}{2} + R_Ax$$

$$M = -\frac{qx^2}{2} + \frac{qLx}{2}$$

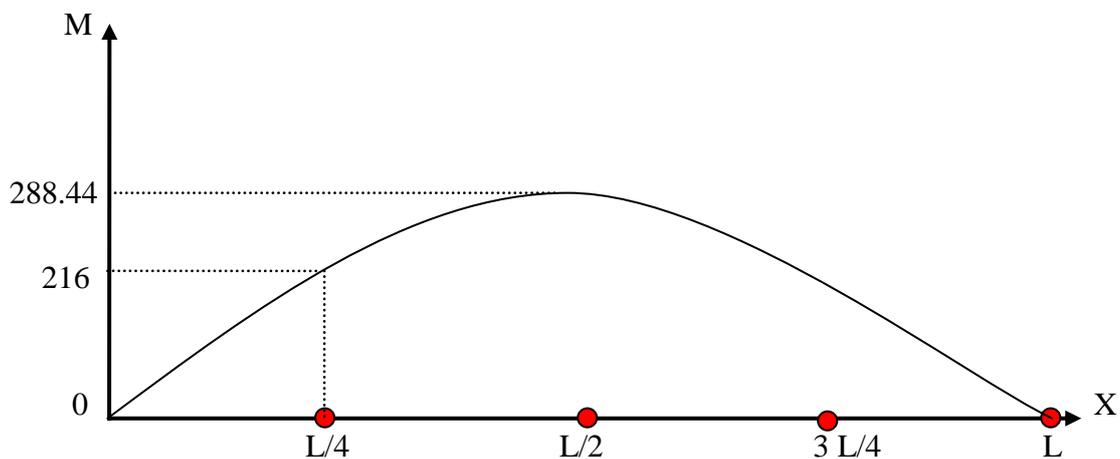
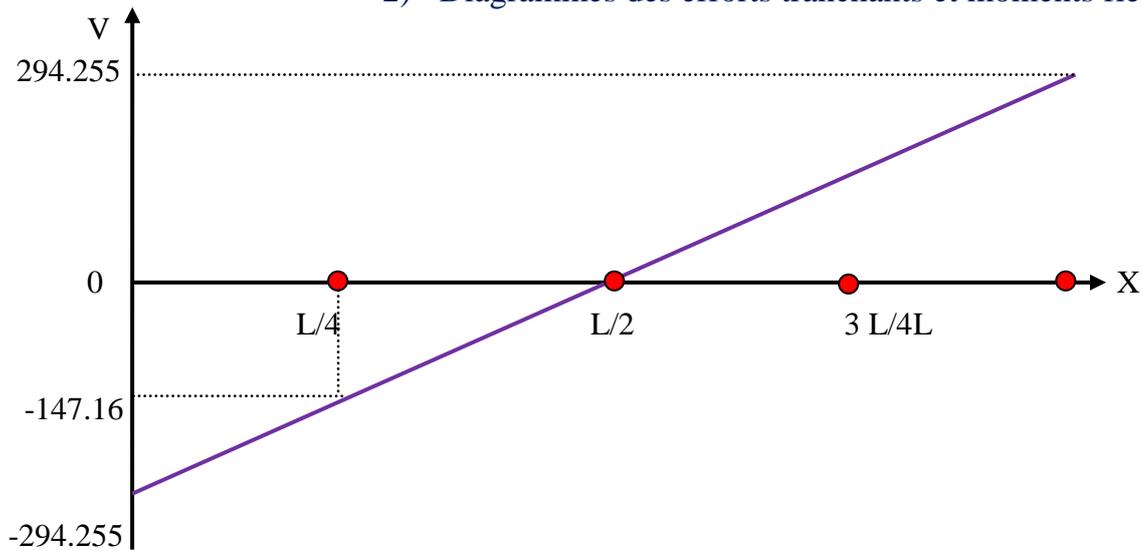
$$\frac{L}{4} \leq x \leq \frac{3L}{4}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{\Sigma F} = \vec{0} \\ RA + V - qx = 0 \\ V = qx - RA \\ V = qx - \left(\frac{qL}{2}\right) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{\Sigma M} = \vec{0} \\ M + \frac{x}{2}qx - xRA = 0 \\ M = -\frac{qx^2}{2} + RAx \\ M = -\frac{qx^2}{2} + \frac{qLx}{2} \end{array} \right.$$

2) Diagrammes des efforts tranchants et moments fléchissants



3) Equation de la pente et de la flèche

$$\begin{cases} EI\varphi(x) = \frac{RA}{2} \langle x-0 \rangle^2 - \frac{q}{6} \langle x-0 \rangle^3 + C1 \\ EIV(x) = \frac{RA}{6} \langle x-0 \rangle^3 - \frac{q}{24} \langle x-0 \rangle^4 + C1x + C2 \end{cases}$$

Les conditions aux limites : $\begin{cases} \varphi\left(\frac{L}{2}\right) = 0 \Rightarrow C1 = ? \\ V(0) = 0 \Rightarrow C2 = 0 \end{cases}$

Calcule C1 :

$$EI\varphi\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{qL}{4} \left(\frac{L}{2}\right)^2 - \frac{q}{6} \left(\frac{L}{2}\right)^3 + C1 = 0$$

$$C1 = -\frac{qL}{4} \left(\frac{L}{2}\right)^2 + \frac{q}{6} \left(\frac{L}{2}\right)^3$$

$$C1 = -\frac{2qL^3}{48}$$

La flèche maximal :

$$EIV(x) = \frac{RA}{6} \langle x-0 \rangle^3 - \frac{q}{24} \langle x-0 \rangle^4 + C1x$$

$$EIV\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{qL}{12} \left(\frac{L}{2}\right)^3 - \frac{q}{24} \left(\frac{L}{2}\right)^4 - \frac{2qL^3}{48} \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$V\left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{5qL^4}{384EI}$$

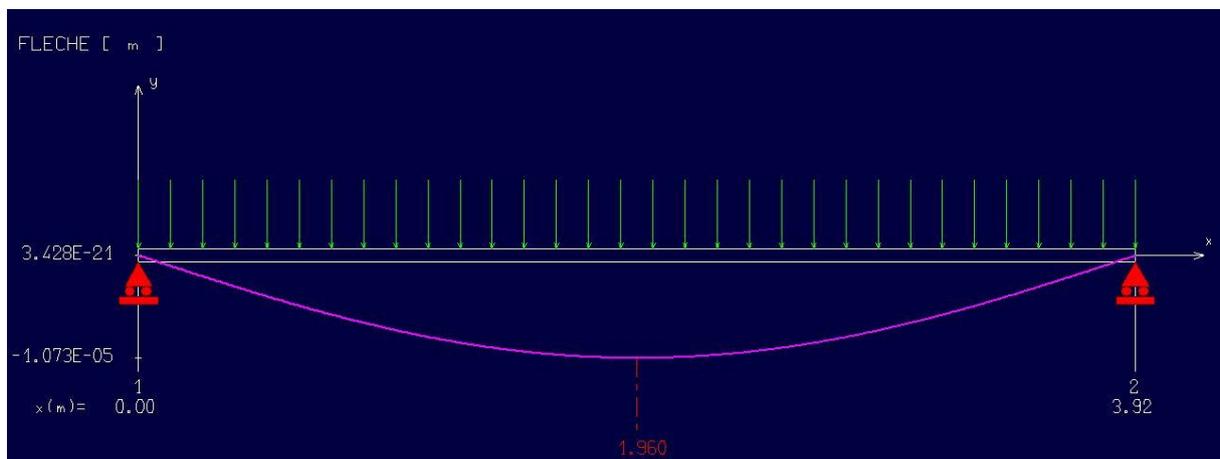


Figure 13: diagramme de la flèche sous RDM6

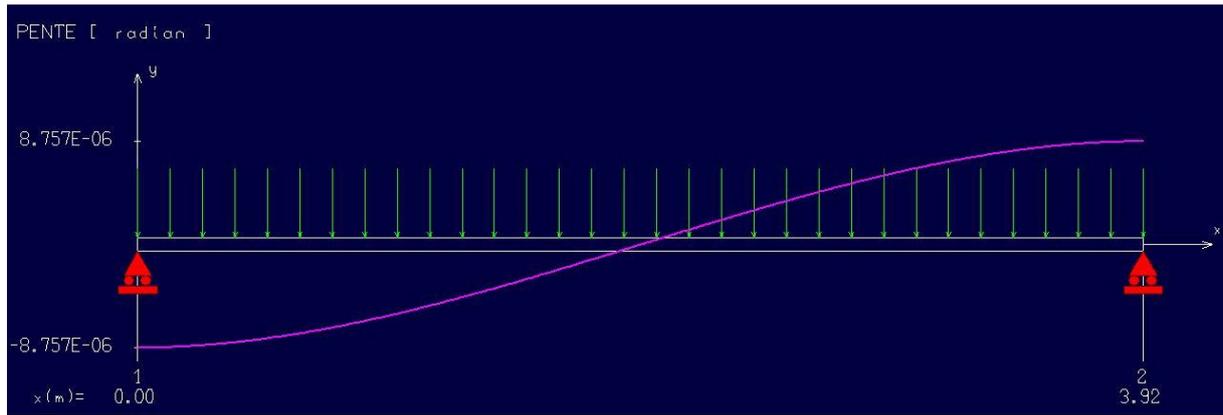
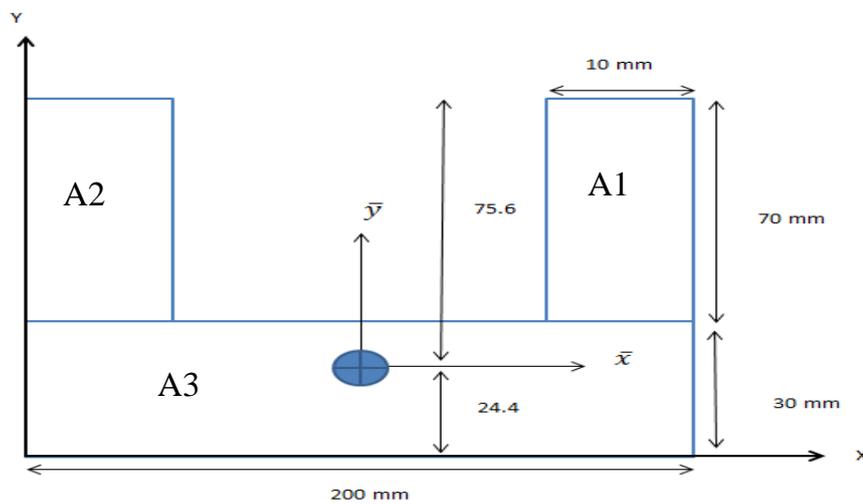


Figure 14: diagramme de la pente sous RDM6

4) Calcul de contrainte maximale de tension et de compression



la section A1:

$$A1 = 700 \times 10^{-6} m^2$$

$$X1 = 195 \times 10^{-3}$$

$$Y1 = 65 \times 10^{-3}$$

la section A2 :

$$A2 = 700 \times 10^{-6} m^2$$

$$X2 = 5 \times 10^{-3}$$

$$Y2 = 65 \times 10^{-3}$$

la section A3 :

$$A3 = 6000 \times 10^{-6} m^2$$

$$X3 = 100 \times 10^{-3}$$

$$Y3 = 15 \times 10^{-3}$$

(a) Calcul de centroïde

$$\bar{x} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{x} = \frac{700 \times 195 \times 10^{-3} + 700 \times 5 \times 10^{-3} + 6000 \times 100 \times 10^{-3}}{700 \times 2 + 6000}$$

$$\bar{x} = 100 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{y} = \frac{700 \times 65 \times 10^{-3} + 700 \times 65 \times 10^{-3} + 6000 \times 15 \times 10^{-3}}{700 \times 2 + 6000}$$

$$\bar{y} = 24.4 \text{ mm}$$

(b) Calcul du moment quadratique

$$I = \sum I_z + A_i \times d_i^2$$

$$I_{z1} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{10 \times 70^3 \times 10^{-12}}{12} = 285.85 \times 10^{-9} \text{ m}^4 = I_{z2}$$

$$I_{z3} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{200 \times 30^3 \times 10^{-12}}{12} = 450 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$I1 = 285.85 \times 10^{-9} + 700 \times 10^{-6} \times 40.6^2 \times 10^{-6}$$

$$I1 = 1.43 \times 10^{-6} \text{ m}^4 = I2$$

$$I3 = 450 \times 10^{-9} + 6000 \times 10^{-6} \times 9.4^2 \times 10^{-6}$$

$$I3 = 9.8 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I = I1 + I2 + I3$$

$$I = 2.41 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

contrainte maximale de compression

$$\sigma_C = \frac{N}{S} - \frac{M_{zy}}{I_z}$$

$$= \frac{294.255}{7400 \times 10^{-6}} - \frac{288.44 \times 24.4 \times 10^{-3}}{2.41 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma_c = - 2.88 \times 10^6 \text{ Pa}$$

contrainte maximale de tension

$$\sigma_T = \frac{N}{S} + \frac{M_{zy}}{I_z}$$

$$\sigma_T = 9.08 \times 10^6 \text{ Pa}$$

vérifiée la condition de résistance :

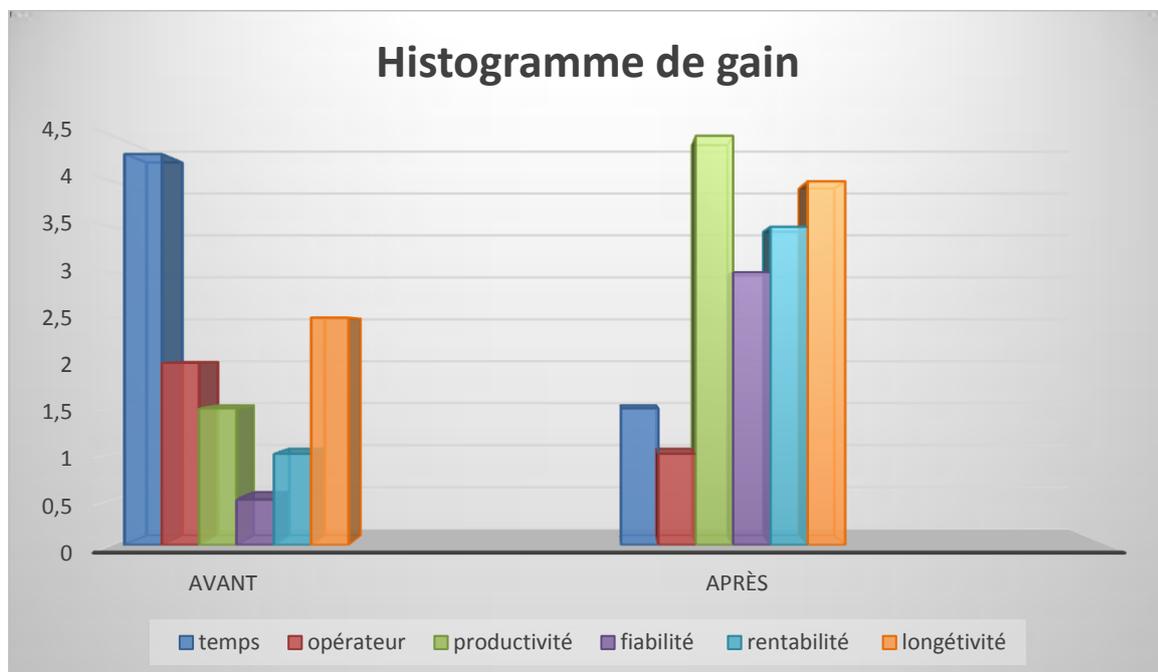
$$\sigma_c \leq R_{pec} \quad \text{et} \quad \sigma_T \leq R_{pe} \quad \text{avec} \quad R_{pe} = 50 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Donc la condition de résistance est vérifié.

Résultat :

Cela prouve qu'aucune déformation n'est advenue au niveau de notre convoyeur , ce qui veut dire que notre système est catégoriquement intact que ce soit au niveau de calcul ou le choix de matériau de chaque élément.

4. Gain



II. Conclusion

Finalement, ce calcul nous a aidé d'une part à bien choisir la pompe, le moteur et le réducteur adéquat pour notre système, d'autre part de concevoir un système sans aucune déformation.

CONCLUSION

L'objectif général de ce travail était l'étude et la conception d'une machine de lavage et séchage des plaquettes thermoformées. Nous avons commencé par une présentation de l'entreprise FLOQUET MONOPOLE et ses différents services, cette première partie nous a permis d'avoir une idée générale sur l'entreprise et le service d'accueil.

La deuxième partie décrit le processus de fabrication des disques freins, nous avons vu toutes les opérations que subit un disque brute dès l'entrée jusqu'à avoir un disque frein. Cette partie nous a permis de découvrir les machines de tour, fraise, ébavurage, équilibrage ...

La troisième partie qui a été consacrée au sujet d'étude. Nous avons commencé par le cahier de charge qui nous a permis d'analyser le problème et d'avoir une solution adéquate à notre système, ensuite on a effectué une étude technique et économique qui a pour but de trouver précisément chaque composant convenable à notre machine laveuse, avec une présentation de la machine sous catia V5.

Finalement, on a fait un calcul global qui combine les trois composants : pompe (débit, puissance, vitesse d'eau), motoréducteur (vitesse, couple, puissance de réducteur et de moteur), convoyeur à rouleau (vitesse, contraintes de tension et de compression).

Le travail qu'on a réalisé pourrait être complété et poursuivi sous différents aspects :
Utilisation d'un système de brosse tournant dans l'opération de lavage.
Remplacer le convoyeur CDR par un convoyeur 24V plus avantageux voir [14].

WEBLIOGRAPHIE

- [1] <http://www.rechange-maroc.com/mohammed-laraqui-president-directeur-general-du-groupe-floquet-monopole/>
- [2] http://www.edutic.edunet.tn/etechnique/file.php/1/manuels_3eme_et_4eme_technique_PD_F/Cours_mecanique_4ST.pdf
- [3] <http://www.neolution-sas.com/220-convoyeur-a-rouleaux-acier-commandes-par-relais-de-chaines-cdr50.html>
- [4] http://www.directindustry.fr/prod/leuze-electronic-gmbh-co-kg/product-4741-1823978.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA
- [5] <https://fr.aliexpress.com/item/50-Pcs-Low-pressure-Garden-Sprinklers-0-2-0-6mm-stainless-steel-Fog-Mist-Nozzle-mist/32825533929.html>
- [6] <https://www.thersane.fr/clapet-a-bille/1490-clapet-non-retour-bille-inox-astm-a182-f316-ressort-haute-pression.html>
- [7] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vanne#/media/File:Valve.jpg>
- [8] <http://www.hellopro.fr/compresseur-d-air-5-5cv-270l-1001142-505369-produit.html>
- [9] <https://www.hydrokit.com/produit/filtration/filtre-daspiration/en-ligne/kit-complet-filtre-tete-indicateur/filtre-daspiration-en-ligne-g11-4-80l-min-25um-xrp10221-xpr77290.html>
- [10] <http://www.directindustry.fr/prod/kaeser/product-4742-1794091.html>
- [11] <http://www.directindustry.fr/prod/getriebebau-nord-gmbh-co-kg/product-4808-475522.html>
- [12] <http://lowara.com/pumps-circulators/end-suction-pumps/cea-ca-stainless-steel-threaded-centrifugal-pumps/>
- [13] https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_s%C3%A9curit%C3%A9
- [14] <https://www.trapo.de/fr/vos-avantages/technologie-dentrainement-24v/>

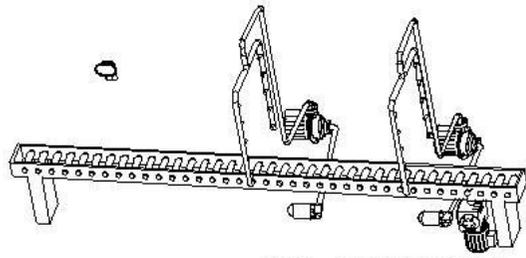
Annexe

Tuyau G fl mm	Q m³/h	1	3	6	9	12	18	24	30	36	42	48	60	90	120	180	240	300	360	420	
	Q l/min	16	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	
G 1 DN 25	2,7 0,6	21 1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G 1 1/4 DN 32	0,7 0,35	5,5 1	22 2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G 1 1/2 DN 40	-	1,8 0,7	7 1,35	14 1,9	23 2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G 2 DN 50	-	0,5 0,4	2,2 0,8	4 1,25	8 1,5	17 2,5	28 3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G 2 1/2 DN 65	-	-	0,6 0,5	1,2 0,75	2,1 1	4,2 1,4	8 2	12 2,5	17 3	22 3,4	28 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DN 80	HL V m/100m m/s	-	-	-	-	0,8 0,7	1,6 0,95	2,8 1,25	4,2 1,6	6,5 2	7,5 2,1	10,5 2,6	15 3,3	-	-	-	-	-	-	-	
DN 100		-	-	-	-	0,55 0,6	0,9 0,8	1,4 1,1	2 1,25	2,4 1,4	3,5 1,6	5 2	11 3,2	20 4	-	-	-	-	-	-	
DN 125		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9 0,95	1,2 1,1	1,8 1,4	4 2,7	6,5 2,7	15 4	-	-	-	-	-
DN 150		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6 0,9	1,5 1,4	2,5 1,7	5 2,7	8 3,5	14 4,8	-	-	-
DN 200		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 0,8	0,6 1	1,3 1,6	2 2,6	3,5 2,6	4,6 3	6,5 3,5	
DN 250		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 1	0,7 1,3	1,1 1,6	1,6 2	2 2,3	
DN 300		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3 0,9	0,45 1,25	0,7 1,4	0,9 1,6	

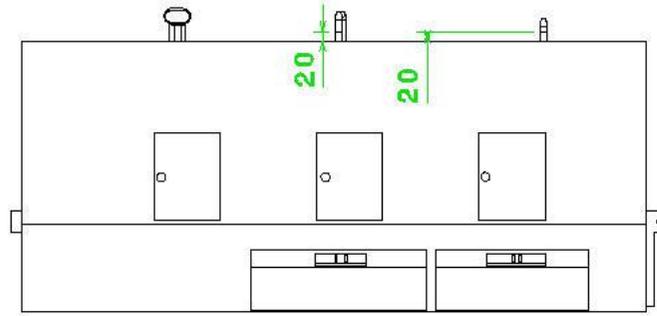
Tableau 3: pertes de charge selon le DN de tuyau

Vitesse de l'eau m/sec.	Courbes à angle vif α					$\alpha = 90^\circ$ Courbes à angle arrondi					Vannes standard	Clapet de pie	Clapet de non-retour
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\frac{d}{R} = 0,4$	$\frac{d}{R} = 0,6$	$\frac{d}{R} = 0,8$	$\frac{d}{R} = 1$	$\frac{d}{R} = 1,5$			
0,4	0,43	0,52	0,71	1,0	1,2	0,11	0,13	0,16	0,23	0,43	0,23	32	31
0,5	0,67	0,81	1,1	1,6	1,9	0,18	0,21	0,26	0,37	0,67	0,37	33	32
0,6	0,97	1,2	1,6	2,3	2,8	0,25	0,29	0,36	0,52	0,97	0,52	34	32
0,7	1,35	1,65	2,2	3,2	3,9	0,34	0,40	0,48	0,70	1,35	0,70	35	32
0,8	1,7	2,1	2,8	4,0	4,8	0,45	0,53	0,64	0,93	1,7	0,95	36	33
0,9	2,2	2,7	3,6	5,2	6,2	0,57	0,67	0,82	1,18	2,2	1,20	37	34
1,0	2,7	3,3	4,5	6,4	7,6	0,7	0,82	1,0	1,45	2,7	1,45	38	35
1,5	6,0	7,3	10	14	17	1,6	1,9	2,3	3,3	6	3,3	47	40
2,0	11	14	18	26	31	2,8	3,3	4,0	5,8	11	5,8	61	48
2,5	17	21	28	40	48	4,4	5,2	6,3	9,1	17	9,1	78	58
3,0	25	30	41	60	70	6,3	7,4	9	13	25	13	100	71
3,5	33	40	55	78	93	8,5	10	12	18	33	18	123	85
4,0	43	52	70	100	120	11	13	16	23	42	23	150	100
4,5	55	67	90	130	160	14	21	26	37	55	37	190	120
5,0	67	82	110	160	190	18	29	36	52	67	52	220	140

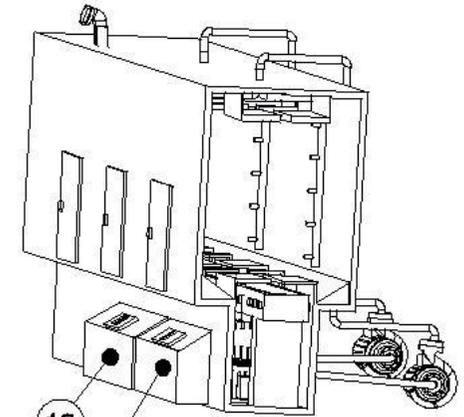
Tableau 4: pertes de charge coude vanne clapet



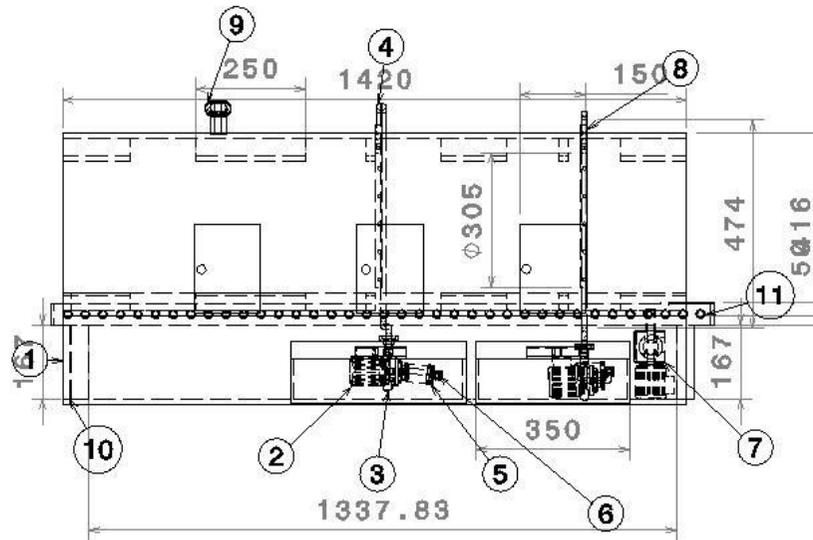
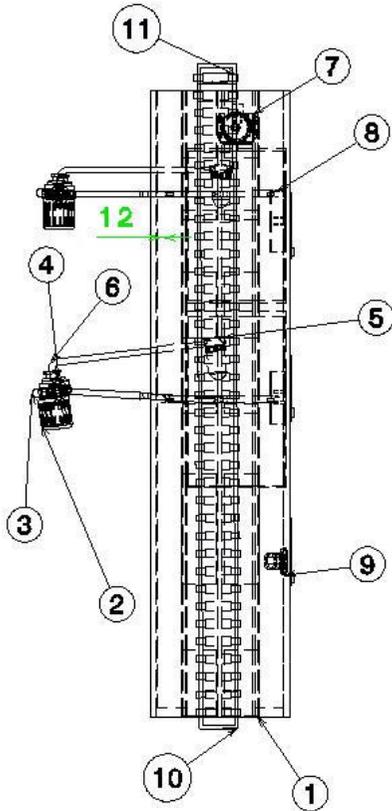
Vue isométrique
Echelle : 1:15



Vue de gauche
Echelle : 1:12



Vue isométrique
Echelle : 1:10



Nomenclature de Produit1

Nr	Qt	Référence	Type
1	1	cage	Pièce
2	3	moteur	Pièce
3	2	pompe	Pièce
4	2	tuyau lavage 2	Pièce
6	2	filtre	Pièce
6	2	tuyau pompe 2	Pièce
	1	convoyeur à rouleau	Assemblage
7	1	motoréducteur	Pièce
8	2	tuyau lavage	Pièce
12	1	réceptif lavage	
13	1	réceptif rinçage	
9	1	ventilateur	Pièce

Nomenclature de convoyeur à rouleau

Nr	Qt	Référence	Type
10	1	ribon	Pièce
11	1	rouleau	Pièce

DESIGNED BY:
najm
DATE: 11/05/2018
CHECKED BY:
Najm et Siham
DATE: 11/05/2018

SIZE
A3

SCALE
1:15

WEIGHT (kg)
46,75

Machine de lavage et séchage

Catia V5

Produit1

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-